



TUGAS AKHIR - TE 141599

**KOORDINASI PROTEKSI SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN
TERJADINYA SYMPATHETIC TRIP
DI KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM**

Ekka Sheilla Calmara
NRP 2214105101

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty Of Industry Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 141599

**PROTECTION-COORDINATION TO PREVENT SYMPATHETIC
TRIP AT TURSINA REGION, PT. PUPUK KALTIM**

Ekka Sheilla Calmara
NRP 2214105101

Advisor
Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
Ir. Sjamsjul Anam, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty Of Industry Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2016

**KOORDINASI PROTEKSI SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN
TERJADINYA SYMPATHETIC TRIP
DI KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

**Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga
Jurusan Teknik Elektro**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP.196603181990101001

Dosen Pembimbing II

Ir. Sjamsjul Anam, MT
NIP.196307251990031002



KOORDINASI PROTEKSI SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN TERJADINYA SYMPATHETIC TRIP DI KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM

Nama Mahasiswa : Ekka Sheilla Calmara
NRP : 22141050101
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP : 196603181990101001
Dosen Pembimbing : Ir. Samsjul Anam, MT.
NIP : 196307251990031002

ABSTRAK

Dalam sistem tenaga listrik diperlukan sistem tenaga listrik yang dapat menjamin keandalan penyaluran. Semakin besar jumlah gangguan, berarti keandalan sistem makin rendah begitu juga sebaliknya. Salah satu gangguan yang sering terjadi adalah Sympathetic Trip Peristiwa ini pada umumnya disebut trip ikutan atau palsu. Hal ini dapat mengganggu keandalan system dan kontinuitas sistem jaringan yang sehat. Hal ini terjadi pada PT. Pupuk Kaltim, saat ada gangguan hubung singkat. Pada saat gangguan terjadi di Tursina pada bus TUS-SG-001, terjadi trip simpatetik di *island* lain, terutama pada *island* tanpa impedansi seperti Kanibungan, pada rele OCR_INCK5 dan rele *backup* nya karena karena arus gangguan yang dirasakan terlalu besar, yakni mencapai 8.141 kA. Oleh sebab itu untuk mengurangi arus gangguan hubung singkat tersebut digunakan suatu impedansi tambahan yaitu *Insulated Transformer*. Trafo ini dipasang pada bagian *outgoing* Tursina menuju ring PT. Pupuk Kaltim Pemasangan Trafo dapat mengurangi besarnya arus hubung singkat pada bus TUS-SG-01 dan TU-SG-01 dari 8.141 kA menjadi 1.75 kA. Pemasangan *Insulated Transformer* sebesar 25 MVA menunjukkan arus hubung singkat semakin berkurang sehingga mengakibatkan terjadinya perubahan koordinasi proteksi rele arus lebih pada Tursina. Studi koordinasi dilakukan untuk mengetahui apakah sistem pengaman bekerja dengan baik. Hasil analisa hubung singkat serta studi koordinasi proteksi akan ditampilkan dalam bentuk kurva *time current characteristic* (TCC).

Kata Kunci : *Insulated Transformer*, Koordinasi Proteksi, Rele Arus Lebih, *Sympathetic Trip*, *Time Current Characteristic* (TCC)

Halaman ini sengaja dikosongkan

PROTECTION-COORDINATION TO PREVENT SYMPATHETIC TRIP AT TURSINA REGION, PT. PUPUK KALTIM

Name : Ekka Sheilla Calmara
NRP : 22141050101
Adviser : Dr. Ir. Margo Pujiantara, MT.
NIP : 196603181990101001
Adviser : Ir. Samsjul Anam, MT.
NIP : 196307251990031002

ABSTRACT

Maintain a good reliability of power system is a must. Reliability is one of the important thing in power system. The bigger the fault, the smallest the reliability and vice versa. Sympathetic trip is one of the fault which often happen at power system, it's generally called as fake trip. This event can disrupt power system and the continuity of the healthy system. At PT. Pupuk Kaltim, Sympathetic Trip happen as a disturbance. When fault happen at one of the bus in Tursina, especially at Bus TUS-SG-01 and TU-SG-01 overcurrent relay from Kanibungan like OCR_INCK5 and it's backup sense this fault, so the breaker is open. Short circuit current from Kanibungan is too much, about 8.141 kA. Thus, it needs an additional impedance to limit it's current, such as Insulated Transformer. This transformer placed on the outgoing part of Tursina which connected Tursina and Ring part of PT. Pupuk Kaltim. A 25 MVA Transformer installation can reduce short circuit current from 8.141 kA to 1.75 kA. Because of transformer installation, contribution current from Tursina itself is reduce, so that it needs a resetting for its overcurrent relay coordination-protection. The result of short circuit analysis and protection-coordination will showed in time current characteristics (TCC).

Keywords : Insulated Transformer, Protection-Coordination, Overcurrent Relay, Sympathetic Trip, Time Current Characteristic (TCC)

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penyusunan	2
1.5 Metodologi	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Relevansi	4
BAB II TEORI PENUNJANG	5
2.1 Gangguan Hubung Singkat	5
2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat	8
2.3 <i>Sympathetic Trip</i>	9
2.4 Rele Pengaman pada Sistem Tenaga Listrik	9
2.5 Rele Arus Lebih	10
2.5.1 Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Invers Time</i>)	11
2.5.2 Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>)	12
2.5.3 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>)	12
2.5.4 Rele <i>Invers Definite Minimum Time</i> (IDMT)	13
2.6 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih	13
2.6.1 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (<i>Invers Time</i>)	13
2.6.2 <i>Setting</i> Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>)	14
2.7 Koordinasi Pengaman Rele Arus Lebih	15
BAB III SISTEM KELISTRIKAN KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM	19
3.1 Sistem Pembangkitan PT. Pupuk Kaltim	19
3.2 Rating Tegangan	19

3.3 Sistem Distribusi Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim..	20
3.4 Kapasitas Beban Pada Sistem Kelistrikan Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim	22
BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA KOORDINASI PROTEKSI KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM	
4.1 Simulasi Sistem Kelistrikan	23
4.2 Analisa <i>Sequence-of-operation</i>	23
4.3 Pemilihan Kapasitas <i>Insulated Transformer</i>	25
4.4 Pemilihan Tipikal Koordinasi pada Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim.....	27
4.5 Analisis Hubung Singkat	29
4.5.1 Hubung Singkat Minimum 30 Cycle	29
4.5.2 Hubung Singkat Maximum 4 Cycle	31
4.6 Koordinasi Pengaman Arus.....	32
4.6.1 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 1	33
4.6.1.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 1.....	33
4.6.1.2 Studi Koordinasi Tipikal 1	36
4.6.2 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 2	48
4.6.2.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 2.....	48
4.6.2.2 Studi Koordinasi Tipikal 2	50
4.6.3 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 3	58
4.6.3.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 3.....	58
4.6.3.2 Studi Koordinasi Tipikal 3	60
4.6.4 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 4	67
4.6.4.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 4.....	67
4.6.4.2 Studi Koordinasi Tipikal 4	70
4.6.5 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 5	76
4.6.5.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 5.....	76
4.6.5.2 Studi Koordinasi Tipikal 5	78
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	83
5.2 Saran	83
DAFTAR PUSTAKA	85

LAMPIRAN

Single Line Diagram PT. Pupuk Kaltim	A-1
Single Line Diagram Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim	A-2
Riwayat Hidup Penulis	B-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien <i>Invers Time Dial</i>	14
Tabel 3.1	Data Pembangkit PT. Pupuk Kaltim	19
Tabel 3.2	Data Transformator Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim....	22
Tabel 3.3	Data lump load Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim.....	22
Tabel 4.1	<i>Sequence</i> trip simpatetik	24
Tabel 4.2	Data Beban Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim	27
Tabel 4.3	Data hubung singkat minimum pada 30 cycle tanpa <i>Insulated Transformer</i>	30
Tabel 4.4	Data hubung singkat minimum pada 30 cycle dengan <i>Insulated Transformer</i>	30
Tabel 4.3	Data hubung singkat maksimum pada 4 cycle tanpa <i>Insulated Transformer</i>	31
Tabel 4.4	Data hubung singkat maksimum pada 4 cycle dengan <i>Insulated Transformer</i>	32
Tabel 4.7	Data <i>setting</i> rele <i>existing</i> tipikal 1	34
Tabel 4.8	Data <i>Resetting</i> rele Tipikal 1.....	47
Tabel 4.9	Data <i>setting</i> rele <i>existing</i> tipikal 2	50
Tabel 4.10	Data <i>Resetting</i> rele Tipikal 2.....	58
Tabel 4.11	Data <i>setting</i> rele <i>existing</i> tipikal 3	59
Tabel 4.12	Data <i>Resetting</i> rele Tipikal 3.....	66
Tabel 4.13	Data <i>setting</i> rele <i>existing</i> tipikal 4	69
Tabel 4.14	Data <i>Resetting</i> rele Tipikal 4.....	74
Tabel 4.15	Data <i>setting</i> rele <i>existing</i> tipikal 5	76
Tabel 4.16	Data <i>Resetting</i> rele Tipikal 5.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arus Hubung Singkat Simetri	7
Gambar 2.2	Arus Hubung Singkat Asimetri	7
Gambar 2.3	Karakteristik Kurva <i>Standard Invers</i> , <i>Very Inverse</i> dan <i>Extremely Invers</i>	11
Gambar 2.4	Karakteristik Rele Arus Lebih Seketika (<i>Instantaneous</i>))	12
Gambar 2.5	Karakteristik Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (<i>Definite Time</i>)	12
Gambar 2.6	Kombinasi IDMT dengan Rele Arus Lebih Waktu Seketika	13
Gambar 2.7	Rele Arus Lebih Pengaman Transformator	15
Gambar 3.1	Plant <i>Existing</i> Tursina, PT. Pupuk Kaltim	21
Gambar 4.1	<i>Sympathetic Trip</i> akibat gangguan di Tursina	23
Gambar 4.2	<i>Sequence</i> setelah penambahan <i>Insulated Transformer</i>	25
Gambar 4.3	Plant Tursina setelah pemasangan Trafo	26
Gambar 4.4	Tipikal Koordinasi pada Tursina, PT. Pupuk Kaltim ...	28
Gambar 4.5	<i>Single Line Diagram</i> Koordinasi Tipikal 1	33
Gambar 4.6	Hasil plot setelan rele exsisting tipikal 1	35
Gambar 4.7	Hasil plot setelan rele resetting tipikal 1	47
Gambar 4.8	<i>Single Line Diagram</i> Koordinasi Tipikal 2	48
Gambar 4.9	Hasil plot setelan rele exsisting tipikal 2	49
Gambar 4.10	Hasil plot setelan rele resetting tipikal 2	47
Gambar 4.11	<i>Single Line Diagram</i> Koordinasi Tipikal 3	57
Gambar 4.12	Hasil plot setelan rele exsisting tipikal 3	58
Gambar 4.13	Hasil plot setelan rele resetting tipikal 3	60
Gambar 4.14	<i>Single Line Diagram</i> Koordinasi Tipikal 4	67
Gambar 4.15	Hasil plot setelan rele exsisting tipikal 4	68
Gambar 4.16	Hasil plot setelan rele resetting tipikal 4	75
Gambar 4.17	<i>Single Line Diagram</i> Koordinasi Tipikal 5	76
Gambar 4.18	Hasil plot setelan rele exsisting tipikal 5	77
Gambar 4.19	Hasil plot setelan rele resetting tipikal 5	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Pupuk Kaltim merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam penyediaan pupuk, Tursina merupakan salah satu area pabrik dan pelabuhan di PT. Pupuk Kaltim. Kelistrikan pada sistem Tursina di bawah pengurusan dari PT. Kaltim Daya Mandiri yang bertanggungjawab mengatur kelistrikan PT. Pupuk Kaltim secara keseluruhan. Kelistrikan pada sistem Tursina harus tetap dijaga agar pengiriman produk pupuk urea dan amoniak baik ke Indonesia maupun Luar Negeri dapat berlangsung dengan optimal.

Dalam sistem tenaga listrik diperlukan sistem proteksi yang dapat menjamin keandalan dan kesinambungan penyaluran. Jumlah gangguan pelayanan merupakan indikator untuk mengetahui keandalan suatu sistem. Semakin besar jumlah gangguan berarti keandalan sistem semakin rendah, begitu pula sebaliknya. Untuk mengurangi gangguan, dalam rangka mempertahankan keandalan sistem diperlukan suatu sistem koordinasi proteksi yang tepat untuk suatu sistem dari berbagai gangguan yang kemungkinan terjadi. Sistem proteksi diperlukan untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan sehingga sistem dapat berjalan sesuai yang diinginkan. Apabila peralatan proteksi memberikan respon yang salah terhadap gangguan akan terjadi gangguan, salah satu gangguan yang terjadi adalah gangguan yang dikenal sebagai gangguan *Sympathetic Trip*, dimana suatu sistem proteksi pada jaringan yang sehat ikut terganggu dan trip akibat jaringan yang terganggu, Peristiwa ini pada umumnya disebut dengan trip ikutan atau palsu.

Sistem Kelistrikan di PT. Pupuk Kaltim tidak lepas dari beberapa gangguan, salah satunya adalah gangguan *sympathetic trip* yang terjadi di Kawasan Tursina. Hal ini menyebabkan relay di kawasan Kanibungan terjadi trip yang tidak seharusnya terjadi saat ada gangguan hubung singkat di salah satu bus di Tursina karena arus kontribusi dari Kanibungan menuju Tursina terlalu besar, sehingga dibutuhkan impedansi tambahan berupa *Insulated Transformer* untuk mengurangi arus gangguannya, sehingga perlu dilakukan koordinasi ulang sistem proteksi Tursina setelah penambahan trafo tersebut. Analisa hubung singkat serta studi koordinasi dalam bentuk *time current curve* (TCC) disimulasikan menggunakan *software* ETAP.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang, yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah menganalisa sebab terjadinya *sympathetic trip* yang sumber gangguannya dari Bus di Tursina dan melakukan penambahan peralatan yang diperlukan, dalam hal ini *Insulated Transformer* untuk memperbaiki dan mencegah gangguan tersebut terjadi kembali, serta koordinasi proteksi ulang.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini meliputi :

1. Simulasi dan analisa menggunakan *software* ETAP.
2. Sumber gangguan *sympathetic trip* dari Bus di Kawasan Tursina, PKT.
3. Koordinasi proteksi relay arus lebih di Kawasan Tursina, PKT setelah penambahan *Insulated Transformer*.

1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dapat dicapai dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mensimulasikan gangguan *sympathetic trip* yang berasal dari Kawasan Tursina, PKT.
2. Mengetahui sebab dan lokasi terjadinya gangguan *sympathetic trip*.
3. Resetting relay arus lebih di Kawasan Tursina, PKT setelah penambahan *Insulated Transformer*.

1.5 Metodologi

Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini terdiri dari studi literatur, pengadaan jurnal ilmiah, pengumpulan data, analisa data dan simulasi sistem.

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan teori penunjang berupa buku, jurnal atau paper yang berhubungan dengan tugas akhir. Teori – teori penunjang seperti studi analisis sistem tenaga, analisa hubung singkat, pengaman sistem tenaga listrik serta *Sympathetic Trip*.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim yaitu pengumpulan data peralatan yang dibutuhkan dalam analisis tugas

akhir. Data peralatan yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut : rating tegangan pada sistem dan peralatan, sistem pembangkitan atau generator, data transformator, dan operasi pembebanan kondisi normal.

3. Pemodelan Sistem

Memodelkan sistem kelistrikan dalam bentuk single line diagram menggunakan software ETAP. Pemodelan ini bertujuan agar dapat melakukan analisa short circuit yang diperlukan dalam analisis *Sympathetic Trip*.

4. Analisis simulasi sistem

Analisis yang dilakukan yaitu analisis *sequence-of-operation* saat terjadi gangguan pada Bus di Tursina untuk mengetahui sebab dan lokasi terjadinya *Sympathetic Trip*, kemudian analisa hubungan singkat maksimum, minimum untuk sistem kelistrikan Tursina sesudah penambahan *Insulated Transformer*.

5. Pembuatan Laporan Tugas Akhir

Laporan Tugas Akhir berisi hasil analisa dan kesimpulan penyebab terjadinya *Sympathetic Trip* dan hasil koordinasi proteksi ulang setelah penambahan *Insulated Transformer*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini akan dibagi menjadi 5 bab dengan sistematika penyusunan laporannya adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, sistematika penulisan, dan relevansi

BAB II : TEORI PENUNJANG

Pada bab ini berisi teori – teori yang digunakan sebagai penunjang dalam tugas akhir ini.

BAB III: SISTEM KELISTRIKAN

Bab ini menjelaskan tentang konfigurasi sistem kelistrikan yang ada pada Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim dan Sistem Pembangkitan PT. Pupuk Kaltim.

BAB IV: HASIL SIMULASI DAN ANALISA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil simulasi yang telah dilakukan. Serta menjelaskan studi analisa hubungan singkat dan koordinasi proteksi setelah

penambahan *Insulated Transformer* untuk mengatasi gangguan *Sympathetic Trip* di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil simulasi, studi literatur dan analisa yang telah dilakukan.

1.7 Relevansi

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat yaitu menjadi referensi bagi PT. Pupuk Kaltim dalam mengatasi gangguan *sympathetic trip*. Serta dapat memberikan kontribusi dan referensi bagi pembaca yang mengambil topik serupa, khususnya tentang koordinasi proteksi akibat gangguan *sympathetic trip*. Selain itu, tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengatasi gangguan *sympathetic trip* pada suatu sistem tenaga listrik.

BAB II

TEORI PENUNJANG

Sistem kelistrikan pada suatu perusahaan menjadi salah satu bagian yang sangat penting bagi proses produksinya. Pada sistem kelistrikan industri terdapat berbagai macam gangguan. Baik gangguan yang bersumber dari sistem itu sendiri atau gangguan dari luar sistem. Gangguan pada sistem kelistrikan dapat mengakibatkan terganggunya kontinuitas pelayanan daya listrik. Menjadi suatu kerugian besar apabila listrik tidak tersuplai dengan baik atau terputus. Salah satu gangguan pada sistem kelistrikan yang menjadi masalah sangat penting adalah gangguan hubung singkat. Besarnya arus gangguan hubung singkat jika melebihi *setting* pengaman di jaringan lain akan menyebabkan terganggunya jaringan sehat yang kemudian salah trip akibat arus berlebih dari jaringan yang terganggu sehingga terjadi trip ikutan atau trip simpatetik[1]. Untuk mengatasinya, arus gangguan dari jaringan yang terganggu dikurangi dan dibatasi menggunakan impedansi tambahan. Salah satu peralatan yang bias memberikan impedansi tambahan sehingga dapat digunakan untuk membatasi arus hubung singkat yang besar digunakan *Insulated Transformer*, dengan adanya pemasangan *Insulated Transformer* maka memerlukan koordinasi ulang sistem proteksi rele arus lebih pada sistem proteksi plant *existing*.

2.1 Gangguan Hubung Singkat

Sistem tenaga listrik dirancang untuk menjadi handal dengan desain sistem dan instalasi peralatan yang tepat, serta pemeliharaan peralatan secara berkala. Namun pada kenyataannya, gangguan tetap saja terjadi, baik gangguan yang bersumber dari dalam sistem sendiri (internal) maupun dari luar (external).

Faktor internal yang dimaksud adalah hubung singkat yang bersumber dari peralatan mesin listrik, transformator, reaktor, kabel, dll. Kegagalan isolasi juga merupakan faktor internal sedangkan faktor eksternal dapat diakibatkan oleh kesalahan manusia sendiri, faktor eksternal juga dapat terjadi akibat gangguan alam, misalnya petir, pohon tumbang, gempa bumi dan faktor alam lainnya.[6]

Gangguan yang sering terjadi pada suatu sistem kelistrikan industri adalah gangguan hubung singkat. Gangguan ini dapat menyebabkan beberapa dampak antara lain arus hubung singkat akan sangat tinggi, tegangan akan menjadi drop, serta terputusnya aliran daya. Besarnya arus

gangguan hubung singkat dapat ditentukan berdasarkan impedansi dari peralatan listrik pada sistem tersebut. Arus hubung singkat yang tersedia didefinisikan sebagai nilai maksimum dari arus hubung singkat yang mungkin terjadi pada lokasi tertentu dengan kontribusi dari beberapa elemen (*utility*, generator, dan motor)[2].

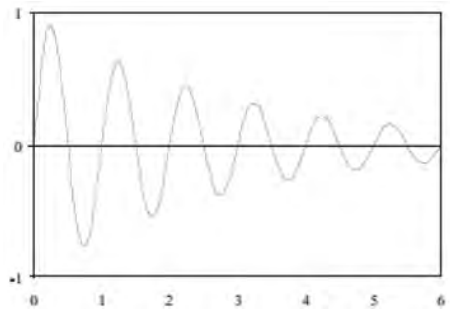
Utility pada umumnya mensuplai daya kepada industri melalui trafo *step-down* untuk menyesuaikan dengan tegangan pada industri, trafo hanya mengubah nilai arus dan tegangan, bukan sebagai sumber arus hubung singkat. Generator merupakan sumber arus hubung singkat yang hanya dibatasi oleh reaktansi generator dan impedansi total dari generator menuju titik gangguan. X_d'' merupakan reaktansi *subtransient* yang memebatasi arus hubung singkat selama 0,1 detik setelah gangguan. X_d' adalah reaktansi *transient* generator dan X_d adalah reaktansi sinkron dari generator saat *steady state*[7].

Motor induksi juga akan memberikan arus kontribusi, ini dikarenakan sesaat setelah terjadi hubung singkat rotor masih tetap berjalan, motor ini tidak memiliki eksitasi yang dihasilkan dari *DC Winding* melainkan dari stator sendiri, sehingga bila terjadi hubung singkat arus yang dihasilkan hanya sesaat. Sehingga motor induksi hanya memiliki nilai X_d'' saja yang setara dengan nilai reaktansi *locked-rotor* yang saat motor dinyalakan membutuhkan arus sebesar 6-9 kali arus nominal.[5]

Gangguan hubung singkat dapat terjadi tiga fasa, dua fasa, satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, atau 3 fasa ke tanah. Gangguan hubung singkat sendiri dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

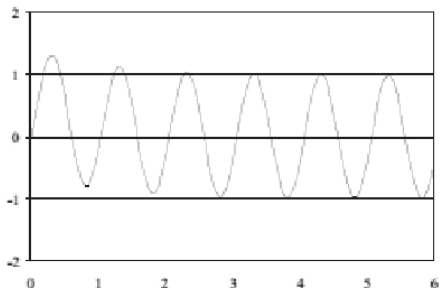
1. Gangguan hubung singkat simetri.

Gangguan hubung singkat simetri atau disebut gangguan hubung singkat seimbang yaitu terjadi pada gangguan hubung singkat tiga fasa. Gelombang arus hubung singkat dikatakan simetri apabila nilai puncak atas dengan puncak bawah adalah sama dilihat dari garis nol dalam satu siklus.



Gambar 2.1 Arus hubung singkat simetri

2. Gangguan hubung singkat tak simetri (asimetri).
 Gangguan hubung singkat asimetri atau disebut gangguan tidak seimbang terjadi pada gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah, gangguan hubung singkat dua fasa ketanah, dan hubung singkat dua fasa.



Gambar 2.2 Arus hubung singkat asimetri

Apabila nilai puncak atas dengan puncak bawah berbeda dilihat dari garis nol, maka merupakan gelombang arus hubung singkat asimetri. Ada beberapa fakta tentang hubung singkat antara lain[6] :

- 80-90% terjadi pada saluran udara, peralatan pada substation dan busbar
- 67% hubung singkat adalah hubung singkat 1 fasa ke tanah
- 25% hubung singkat antar fasa
- 5% hubung singkat 3 fasa ketanah
- 3% hubung singkat 2 fasa ketanah

2.2 Perhitungan Arus Hubung Singkat [3]

Untuk mengantisipasi terjadinya gangguan hubung singkat, perlu dilakukan suatu analisa hubung singkat sehingga dapat menentukan sistem proteksi yang tepat pada suatu sistem tenaga listrik. Analisa hubung singkat mempelajari semua kontribusi arus gangguan yang mengalir pada setiap cabang di dalam suatu sistem yang bersumber dari (trafo, pembangkit, beban motor) ketika gangguan hubung singkat yang terjadi pada suatu sistem tenaga listrik.

Pada sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu pengaman peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi dan berkerja terhadap arus hubung singkat ketika terjadi suatu gangguan hubung singkat. Hal ini menjadi faktor adanya analisa kejadian yang tidak di inginkan yang mungkin terjadi pada sistem dan pengaman peralatan pada sistem tenaga listrik. Berikut adalah perhitungan untuk menghitung besarnya arus hubung singkat yang terjadi pada sistem distribusi :

- Gangguan hubung singkat tiga fasa
Gangguan hubung singkat ini merupakan gangguan hubung singkat yang menghasilkan arus hubung singkat terbesar (arus hubung singkat maksimum) dibanding gangguan hubung singkat lainnya. Gangguan ini melibat ketiga fasanya. Berikut persamaan arus hubung singkat tiga fasa ($Ihs_{3\phi}$) :

$$Ihs_{3\phi} = \frac{V_{LN}}{X_1} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

V_{LN} adalah tegangan *line to netral*, dan

X_1 adalah reaktansi urutan positif

- Gangguan hubung singkat antar fasa
Gangguan hubung singkat ini terjadi karena adanya hubung singkat antara dua fasa tanpa terhubung ke tanah. Gangguan ini yang menghasilkan arus hubung singkat minimum. Berikut persamaan arus hubung singkat antar fasa ($Ihs_{2\phi}$) :

$$Ihs_{2\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LN}}{X_1 + X_2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

masing-masing reaktansi urutan positif dan negatifnya mempunyai nilai yang sama, maka didapatkan :

$$Ihs_{2\phi} = \frac{\sqrt{3} \times V_{LN}}{2X_1} \approx 0.86 Ihs_{3\phi} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
Gangguan hubung singkat ini terjadi akibat adanya hubung singkat salah satu fasa dengan tanah. Gangguan ini melibatkan reaktansi urutan nol (X_0), dan besar dari gangguan arus hubung singkat satu fasa ke tanah ini bisa dibatasi sesuai kemampuan dengan menggunakan sistem pentanahan yang baik. Berikut persamaan arus hubung singkat satu fasa ketanah ($I_{hs1\phi}$) :

$$I_{hs1\phi} = \frac{3 \times V_{LN}}{X_1 + X_2 + X_0} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.3 *Sympathetic Trip*

Dalam sistem tenaga listrik diperlukan sistem tenaga listrik yang dapat menjamin keandalan dan kesinambungan penyaluran, jumlah gangguan pelayanan merupakan indikator untuk mengetahui keandalan suatu jaringan. Semakin besar jumlah gangguan, berarti keandalan sistem makin rendah begitu juga sebaliknya. Salah satu gangguan yang sering terjadi pada Jaringan Tegangan Menengah adalah *Sympathetic Trip* dimana suatu sistem proteksi merespon secara salah atau tidak diharapkan pada suatu kondisi atau keadaan sistem yang mengalami gangguan. Peristiwa ini pada umumnya disebut trip ikutan atau palsu karena sistem proteksi yang bekerja dari jaringan yang sehat[1]

2.4 **Rele Pengaman pada Sistem Tenaga Listrik [4]**

Dalam suatu sistem tenaga listrik terdapat banyak peralatan listrik yang harganya sangat mahal. Oleh karena itu dibutuhkan suatu rele pengaman pada sistem tenaga listrik sehingga dapat mengamankan peralatan listrik yang ada. Untuk dapat mengamankan peralatan listrik yang ada maka setiap peralatan harus dilengkapi dengan peralatan pengaman. Berikut syarat-syarat pada peralatan pengaman (rele pengaman) :

a. Kecepatan bereaksi

Untuk meminimalisasi kerusakan peralatan listrik pada saat terjadi gangguan hubung singkat suatu rele pengaman harus dengan cepat memutuskan. Pada rele pengaman juga terdapat waktu tunda namun waktu tunda ini juga harus secepat mungkin. Kecepatan waktu bereaksi merupakan hal yang harus diusahakan sehingga kerusakan pada peralatan listrik ketika terjadi gangguan hubung singkat dapat dicegah.

- b. Kecepatan operasi (*sensitivity*)
Suatu rele pengaman ketika mendeteksi adanya gangguan pada daerah pengamannya rele ini harus dengan sensitive memberikan respon mendeteksi gangguan tersebut.
- c. *Selectivity*
Selektivitas dari rele pengaman merupakan suatu kualitas kecermatan pemilihan dalam melakukan pengamanan. Rele pengaman hanya akan bekerja selama kondisi tidak normal atau terjadi gangguan pada daerah yang diamankan. Dan rele pengaman tidak akan bekerja pada kondisi normal atau ketika terjadi gangguan pada daerah diluar yang diamankan.
- d. Keandalan
Pada keadaan normal atau sistem tenaga listrik yang tidak pernah mengalami gangguan rele pengaman tidak akan bekerja. Namun suatu rele pengaman harus dilakukan pengujian secara periodik saat dilakukan pemeliharaan untuk menjaga keandalannya. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa rele pengaman masih bisa bekerja ketika terjadi gangguan.
- e. Ekonomis
Pemasangan rele pengaman pada peralatan listrik harus mempertimbangkan dari sisi ekonomis. Hal ini disebabkan karena tidak semua peralatan listrik harus dilengkapi dengan pengaman rele yang lengkap. Sehingga harus disesuaikan dengan harga peralatan yang akan diamankan.

2.5 Rele Arus lebih

Pada suatu sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu rele pengaman yang dapat mengurangi dan mengantisipasi terjadinya suatu gangguan. Salah satu rele pengaman yang dapat digunakan untuk mengamankan sistem dari gangguan hubung singkat adalah rele arus lebih atau lebih dikenal *over current relay*. Rele arus lebih ini akan bekerja bersama CT (*current transformer*). Rele arus lebih ini beroperasi ketika terdapat arus yang mengalir pada rangkaian melebihi batas *setting* yang telah di ijin. Penggunaan rele arus lebih pada sistem kelistrikan industri harus di sesuaikan berdasarkan koordinasi rele yang telah di setting dengan benar. Sehingga ketika pada sistem terjadi suatu gangguan rele ini bisa bekerja dengan cepat. Rele arus lebih akan bekerja apabila memenuhi keadaan sebagai berikut :

$$I_f > I_p \text{ rele bekerja} \quad (trip)$$

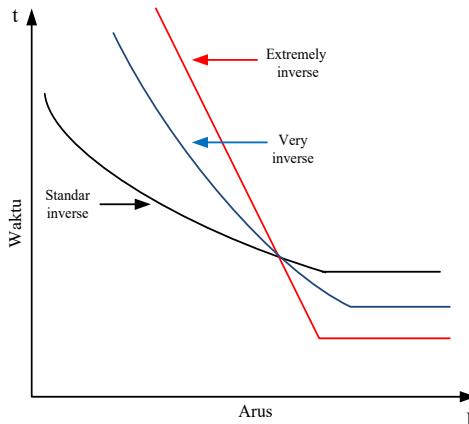
$I_f < I_p$ tidak bekerja (block)

Dimana I_p merupakan arus kerja dan I_f merupakan arus gangguan pada suatu sistem tenaga listrik. Rele arus lebih digunakan untuk mengamankan peralatan dari sistem tenaga listrik, seperti : generator, utility, transformator, motor, kabel, dsb.

2.5.1 Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*)

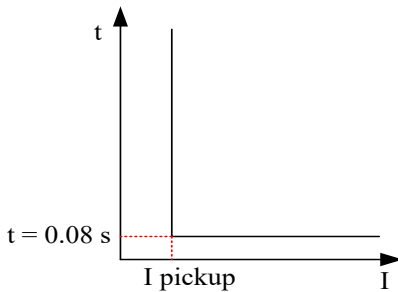
Kurva *Inverse* mempunyai karakteristik grafik terbalik antara besarnya arus gangguan dan waktu operasi, dimana semakin besar arus gangguan hubung singkat maka semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk membuka atau memutus (CB). jika arus gangguan kecil maka waktu operasi rele untuk membuka atau memutus CB semakin lama..

Karakteristik kerja rele arus lebih *invers time* digambarkan dalam kurva arus dan waktu atau sering disebut karakteristik TCC (*time current characteristic*). Pada standar IEEE std 242-2001 mendefinisikan jenis perlindungan waktu invers yang di bedakan menjadi beberapa jenis kurva terdiri dari : *standard invers*, *very invers*, *extremely invers*. Karakteristik dari ketiga jenis kurva tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3 dibawah.



Gambar 2.3 Karakteristik kurva standard inverse, very inverse dan extremely inverse

2.5.2 Rele Arus Lebih Seketika (*Instantaneous*)

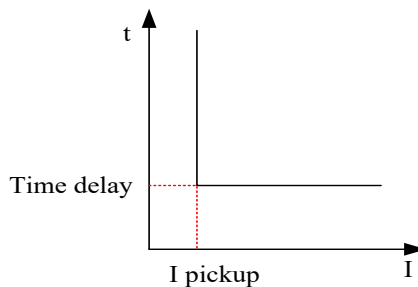


Gambar 2.4 karakteristik rele arus lebih seketika (*instantaneous*)

Rele arus lebih seketika memiliki prinsip kerja rele tanpa penundaan waktu. Berikut karakteristik rele arus lebih seketika. Rele ini bekerja berdasarkan besarnya arus gangguan hubung singkat yang dipilih dan dapat membuka atau memutus CB dalam waktu yang cepat (80ms). Gambar 2.4 menunjukkan karakteristik dari rele arus lebih seketika (*instantaneous*)

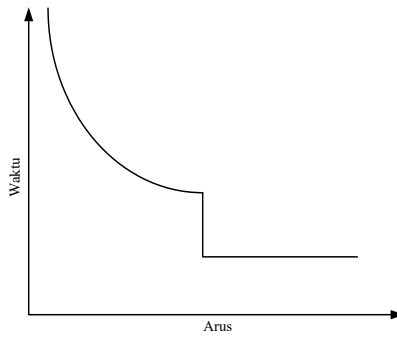
2.5.3 Rele Arus Lebih Waktu Tertentu (*Definite Time*)

Rele arus lebih waktu tertentu ini dapat diatur waktu operasi kerjanya tanpa memperhatikan besarnya dan kecilnya arus hubung singkat yang terjadi. Semua level arus yang melebihi setting point pick-up-nya akan dapat diputuskan dalam waktu yang sama. Gambar 2.5 menunjukkan kurva karakteristik rele arus lebih waktu tertentu.



Gambar 2.5 Karakteristik rele arus lebih waktu tertentu (*definite time*)

2.5.4 Rele *Invers Definite Minimum Time* (IDMT)



Gambar 2.6 Kombinasi IDMT dengan rele arus lebih waktu seketika

Rele *invers definite minimum time* (IDMT) merupakan kombinasi antara rele *invers time* dengan rele definite time. Rele ini akan bekerja pada daerah *invers* apabila terdapat arus yang melebihi arus nominal beban penuh, sedangkan rele definite bekerja pada saat gangguan hubung singkat minimum tergantung pada *setting time delay*. Gambar 2.6 menunjukkan penggunaan IDMT yang dikombinasikan dengan rele arus lebih seketika (*instantaneous*).

2.6 Setting Rele Arus Lebih

Setting rele arus lebih harus disesuaikan berdasarkan koordinasi rele dengan benar. Sehingga ketika terjadi suatu gangguan pada sistem kelistrikan rele arus lebih bisa bekerja dengan cepat dan sesuai.

2.6.1 Setting Rele Arus Lebih Waktu Terbalik (*Invers Time*)

Rele arus lebih waktu terbalik memiliki batas *setting* yaitu rele tidak boleh bekerja saat beban maksimum, sehingga *setting* arus dari rele ini harus lebih besar dari arus beban penuh dari peralatan yang akan diamankan. Arus beban penuh suatu peralatan listrik tergantung dari besarnya kapasitas daya, tegangan, dan power faktor dari peralatan tersebut. Pada british standard BS 142 terdapat aturan faktor pengali arus beban penuh ketika *setting* rele arus lebih yaitu $1.05 - 1.3 I_{FLA}$.

Pada rele arus lebih waktu terbalik terdiri dari dua bagian *setting* yaitu *setting pickup* dan *setting time dial*. Pada *pickup* besarnya arus pickup ditentukan dengan pemilihan tap. Untuk menentukan besarnya

Tabel 2.1 Koefisien *invers time dial*

Tipe Kurva	Koefisien		
	<i>k</i>	<i>α</i>	<i>β</i>
<i>Standard Inverse</i>	0.14	0.02	2.970
<i>Very Invers</i>	13.50	1.00	1.500
<i>Extremely Inverse</i>	80.0	2.00	0.808

tap yang akan digunakan pada *setting pickup* menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Tap} = \frac{I_{\text{set}}}{CT \text{ Primary}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana I_{set} merupakan arus *pickup* dalam ampere.

Untuk mengetahui setting rele arus lebih digunakan persamaan berikut :

$$1.05 I_{\text{FLA}} < I_{\text{set}} < 1.4 I_{\text{FLA}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Setting *time dial* digunakan untuk menentukan waktu operasi rele.

Untuk menentukan nilai time dial dari masing-masing kurva karakteristik invers rele arus lebih dapat digunakan persamaan (2,8) dibawah berikut

$$td = \frac{k \times T}{\beta \times \left[\left(\frac{I}{I_{\text{set}}} \right)^{\alpha} - 1 \right]} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

td = waktu operasi (detik)

T = *time dial*

I = nilai arus (Ampere)

I_{set} = arus *pickup* (Ampere)

k = koefisien invers 1 (lihat pada tabel 2.1)

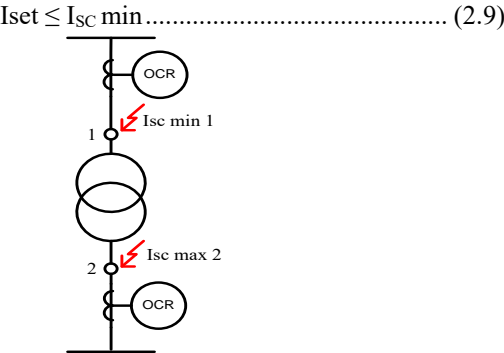
α = koefisien invers 2 (lihat pada tabel 2.1)

β = koefisien invers 3 (lihat pada tabel 2.1)

2.6.2 *Setting Rele Arus Lebih Seketika (Instantaneous)*

Rele arus lebih seketika seperti yang telah dijelaskan pada bab 2.5.2 bahwa rele ini akan bekerja seketika jika ada arus lebih yang mengalir melebihi batas yang diijinkan. Untuk menentukan *setting pickup* dari rele arus lebih seketika dengan menggunakan nilai $I_{\text{SC min}}$ atau nilai arus hubung singkat antar fasa ($I_{\text{hs}_{2\phi}}$) pada pembangkitan minimum.

Persamaan 2.9 dibawah memperlihatkan setting dari rele arus lebih seketika :



Gambar 2.7 Rele arus lebih pengaman transformator

Dalam melakukan *setting* rele arus lebih seketika terdapat pertimbangan khusus pada pengaman feeder yang dipisahkan oleh sebuah transformator yang diperlihatkan pada gambar 2.7. Persamaan yang digunakan dalam menentukan setting pickup adalah sebagai berikut :

$$I_{SC \text{ max bus } 2} \leq I_{set} \leq 0.8 \times I_{SC \text{ min bus } 1} \dots\dots\dots (2.10)$$

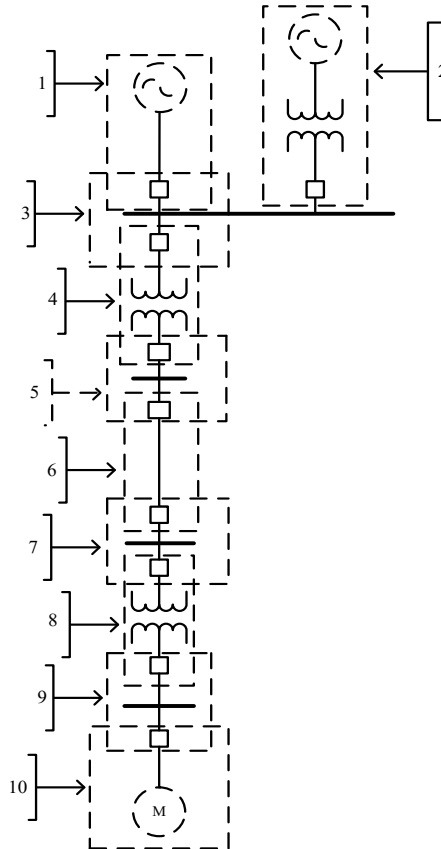
Dimana nilai $I_{sc \text{ max bus } 2}$ merupakan nilai arus hubung singkat tiga fasa maksimum ($I_{hs_{3\phi}}$) pada titik 2, sedangkan $I_{SC \text{ min bus } 1}$ merupakan arus hubung singkat minimum pada titik 1. Jika persamaan 2.10 terpenuhi maka *setting time delay* pada rele diatas transformator boleh kembali pada *time delay* 0.1.

2.7 Koordinasi Pengaman Rele Arus Lebih [4]

Koordinasi rele digunakan untuk mengamankan peralatan akibat adanya gangguan hubung singkat. Gambar 2.8 menunjukan pembagian sisitem tenaga listrik kedalam 10 daerah pengaman, Pada setiap masing-masing daerah memiliki satu atau beberapa komponen pengaman. Adapun daerah-daerah pengamanan terdiri dari :

- a) Daerah 1 : zona pengaman generator,
- b) Daerah 2 : zona pengaman generator dan transformator
- c) Daerah 3 dan 9 : zona pengaman bus tegangan rendah
- d) Daerah 4 dan 8 : zona pengaman transformator
- e) Daerah 5 dan 7 : zona pengaman bus tegangan tinggi

- f) Daerah 6 : zona pengaman saluran
- g) Daerah 10 : zona pengaman motor



Gambar 2.8 Pembagian zona pengaman

Konsep daerah pengaman memberikan suatu pengertian mengenai batas daerah bagi sistem pengaman, sehingga suatu sistem pengaman akan memberikan respon terhadap gangguan yang terjadi di daerahnya sendiri. Pembagian zona pengaman juga digunakan untuk membedakan rele pengaman utama dan rele pengaman backup. Ketika terjadi gangguan di motor maka rele yang berkerja adalah rele pengaman utama motor yang

berada di atas motor. Rele pengaman back up berkerja setelah rele pengaman utama. Maka antara rele pengaman utama dan rele pengaman backup tidak boleh bekerja bersamaan. Perbedaan waktu kerja rele pengaman utama dengan rele backup disebut time delay atau biasa disebut (Δt). waktu kerja antara rele pengaman utama dengan rele pengaman backup adalah 0.2-0.35 detik untuk rele konvensional.

Menurut standard IEEE 242 :

Waktu buka CB : 0.04-0.1 detik (2-5 *cycle*)

Overtravel dari rele : 0.1 detik

Faktor keamanan : 0.12-0.22 detik

Pada rele berbasis microprocessor overtravel time rele diabaikan. Sehingga total waktu yang diperlukan 0.2-0.4 s.[5]

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

SISTEM KELISTRIKAN KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM

PT. Pupuk Kaltim merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dalam penyediaan pupuk, Tursina merupakan salah satu area pabrik dan pelabuhan di PT. Pupuk Kaltim yang berada di Bontang. Kelistrikan pada sistem Tursina di bawah pengurusan dari PT. Kaltim Daya Mandiri yang bertanggungjawab mengatur kelistrikan PT. Pupuk Kaltim secara keseluruhan. Saat ini PT. Pupuk Kaltim disuplai oleh beberapa sumber kelistrikan untuk setiap *island* yaitu Kawasan Kanibungan, KDM, Kaltim-4, Kaltim-3, Kaltim-2 dan Tanjung Harapan dan sebuah grid PLN yang terletak di Kawasan Tursina.

3.1 Sistem Pembangkitan PT. Pupuk Kaltim

Jaringan distribusi PT. Pupuk Kaltim menggunakan system ring dan radial untuk setiap *island* nya. Berdasarkan *single line diagram* PT. Pupuk Kaltim memiliki 6 unit generator yang tersebar di seluruh PT. Pupuk Kaltim, di antaranya Kawasan Kanibungan, KDM, Kaltim-4, Kaltim-3, Kaltim-2 dan Tanjung Harapan. Berikut adalah data – data pembangkitnya :

Tabel 3.1 Data pembangkit di PT. Pupuk Kaltim

NO	ID	Tegangan (kV)	PF (%)	Daya (MW)	FLA (Amp)	Xd'' (%)
1	STG-K-5	11	80	30	1968	19.1
2	GTG-KDM	11	80	34	2231	16.9
3	GEN-P	11	80	21.6	1417	16.1
4	16-Z-001	11	80	30	1968	12
5	GTG K2	11	80	36.4	2388	25
6	PKT-STG-2	11	80	36	2362	19.1

3.2 Rating Tegangan

Pada Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim terdapat 5 rating level tegangan pada sistem distribusi kelistrikannya, yaitu :

1. Tegangan 33 kV

Bus 33 kV adalah bus dengan tegangan tertinggi, bus ini adalah rating tegangan yang digunakan pada bagian ring PT. Pupuk Kaltim hingga ke *outgoing* masing-masing *island*, termasuk Kawasan Tursina. Bus 33 kV ini antara lain adalah Bus2, TU-SG-01, TUS-SG-01 dan Bus182.

2. Tegangan 20 kV

Dalam kawasan Tursina terdapat sebuah grid PLN 3000 MVA_{sc} dengan *outgoing* sebesar 150 kV yang kemudian diturunkan oleh trafo T5 menjadi 20 kV. Begitu juga dengan trafo TU-TR-03 yang menghubungkan bus 33 kV dan bus 20 kV. Bus 20 kV ini antara lain adalah Bus8-3 dan TU-SG-02-1.

3. Tegangan 11 kV

Melalui trafo TU-TR-01, bus 33 kV diturunkan menjadi 11 kV. Beberapa bus dengan rating 11 kV adalah Bus181, TU-SG-11, Bus KNI, Bus16 dan Bus6.

4. Tegangan 6,9 kV

Hanya ada sebuah bus dengan rating 6,9 kV, bus ini menanggung 3 buah beban lump. Rating tegangan ini melalui trafo *step-down* yaitu T29 dari Bus 33 kV menjadi 6,9 kV, yaitu Bus190.

5. Tegangan 0,4 kV

Satu-satunya rating tegangan rendah yang ada di Kawasan Tursina, diturunkan dari 11 kV oleh trafo T2 dan dari 33 kV oleh trafo TU-TR-06. Bus dengan rating 0,4 kV ini diantaranya adalah Bus185 dan Bus6.

3.3 Sistem Distribusi Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

Sistem distribusi yang dipakai PT. Pupuk Kaltim merupakan jaringan distribusi tipe ring. Sedangkan pada Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim merupakan jaringan distribusi tipe radial. Plant *existing* Tursina ditampilkan pada Gambar 3.1.

Trafo daya yang terdapat di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data transformator di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

NO	ID	kVA	Prim	Sec	%Z	X/R
1	TU – TR - 06	100	33	0.4	7.25	5.79
2	TU – TR - 01	15000	33	11	10	18.6
3	T2	400	11	0.4	4	1.5
4	TU – TR – 03 -1	15000	33	20	8.35	14.23
5	T5	60000	150	20	12.5	45
6	T29	7500	33	6.9	7	14.23

3.4 Kapasitas Beban Pada Sistem Kelistrikan Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

Pada sistem kelistrikan Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim terdapat beberapa lump load. Beban-beban ini bekerja pada level tegangan 0.4 kV, 6,9 kV, 11 kV dan 20 kV. Tabel 3.3 memperlihatkan data kapasitas lump load.

Tabel 3.3 Data lump load Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

NO	ID	Ratio		Daya (MVA)	PF (%)
		Motor (%)	Statis (%)		
1	Lump1	80	20	0.25	85
2	KNI	89	11	6	85
3	PLN Load-1	50	50	6.5	80
4	PLN Load2-1	50	50	50	80
5	Samator-1	90	10	4.219	80
6	NPK BLENDING	80	20	6	85
7	PERGUDANGAN	89	11	3	85
8	PELABUHAN	89	11	3	85
9	TU-LVMDP	80	20	0.0104	85
TOTAL				78.9794	

BAB IV

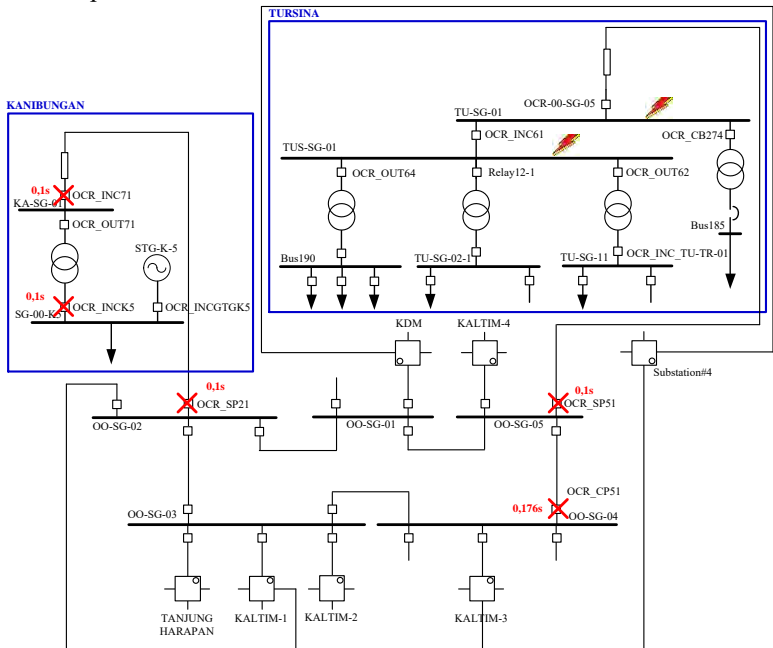
HASIL SIMULASI DAN ANALISA KOORDINASI PROTEKSI KAWASAN TURSINA, PT. PUPUK KALTIM

4.1 Simulasi Sistem Kelistrikan

Simulasi sistem kelistrikan Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim dengan menggunakan software ETAP. Dimana pada *software* ini dilakukan analisa *sequence-of-operation*, analisa hubung singkat dan koordinasi proteksi rele arus lebih.

4.2 Analisa *Sequence-of-operation*

Analisa *sequence* dilakukan dengan melakukan hubung singkat pada seluruh bus di plant eksisting Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim. Pada saat gangguan terjadi di Tursina pada bus TUS-SG-01 dan Bus TU-SG-01, terjadi trip simpatetik di *island* lain, yaitu Kanibungan seperti diperlihatkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 *Sympathetic Trip* akibat gangguan di Tursina

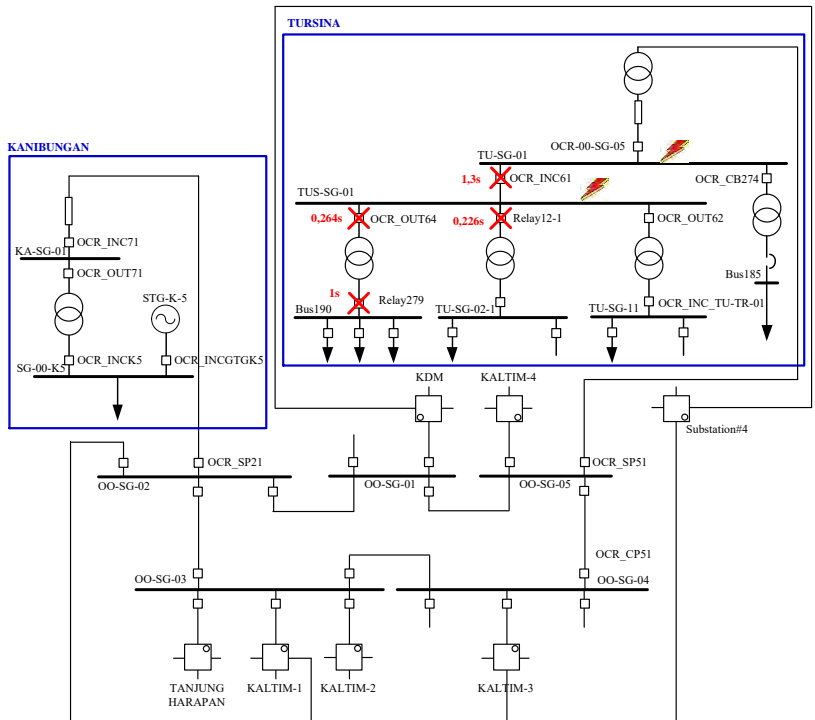
Tabel 4.1 *Sequence trip simpatetik*

Time (mS)	ID	If (kA)	Condition	Lokasi
100	OCR_INCK5	8.141	Phase-OC1-50	Kanibungan
100	OCR_OUT71	2.714	Phase-OC1-50	Kanibungan
100	OCR_SP51	17.018	Phase-OC1-50	Ring PKT
176	OCR_CP51	14.014	Phase-OC1-51	Ring PKT

Berdasarkan Tabel 4.1 tersebut, bisa dilihat bahwa gangguan yang bersumber pada kawasan Tursina dirasakan oleh rele-rele di kawasan Kanibungan dikarenakan arus gangguan dari kawasan Kanibungan menuju Tursina terlalu besar sehingga rele 50 (*instantaneous*) bekerja, diantaranya adalah Rele OCR_INCK5 yang merasakan adanya arus gangguan sebesar 8,141 kA yang merupakan kontribusi dari Generator STG-K-5.

Di antara Kawasan Tursina dan Kanibungan hanya dihubungkan oleh kabel dengan impedansi yang nilainya relatif terlalu kecil untuk arus gangguan yang muncul dan ternyata tidak cukup untuk menahan arus hubung singkat menuju Tursina saat terjadi gangguan yang berasal dari Tursina sehingga dibutuhkan impedansi tambahan untuk mengurangi arus gangguan tersebut.

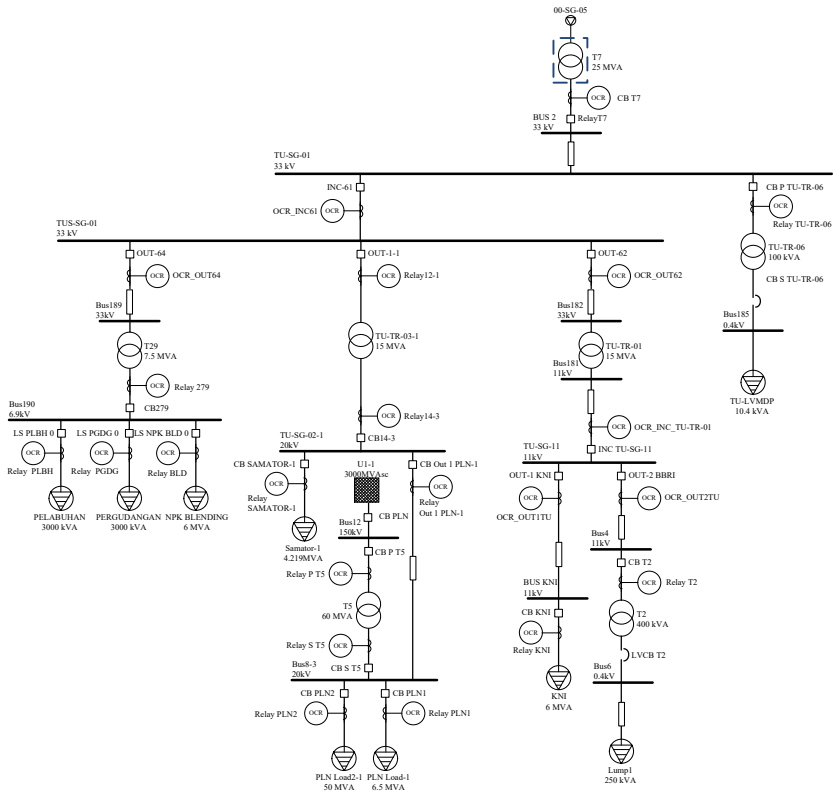
Impedansi tambahan yang diberikan untuk mengatasi gangguan tersebut adalah berupa *Insulated Transformer* dengan kapasitas 25 MVA yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya. Seperti diperlihatkan pada Gambar 4.2 di bawah, bahwa setelah pemasangan *Insulated Transformer*, *sympathetic trip* sudah tidak terjadi, rele arus lebih pada Kanibungan sudah tidak merasakan adanya gangguan yang berasal dari Tursina, karena kontribusi arus gangguan dari Generator STG-K-5 turun menjadi 1,75 kA. Sehingga, sebuah koordinasi proteksi ulang akan dilakukan akibat pemasangan *Insulated Transformer* tersebut menyebabkan arus kontribusi dari Tursina berubah.



Gambar 4.2 Sequence setelah penambahan Insulated Transformer

4.3 Pemilihan Kapasitas *Insulated Transformer*

Untuk mengurangi arus gangguan dari dan ke luar Tursina agar tidak mengganggu kontinuitas sistem kelistrikan *island* lain maupun sistem *ring* keseluruhan yang berada di dalam PT. Pupuk Kaltim, diberikan sebuah impedansi berupa *Insulated Transformer*. Pemilihan trafo sebagai impedansi tambahan adalah karena Trafo juga dapat mengatasi drop tegangan pada bus dengan mengaktifkan LTC (*Load Tap Changer*) nya. *Insulated Transformer* dipasang pada bagian *outgoing* Tursina menuju *ring* PKT seperti bisa dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Plant* Tursina setelah pemasangan Trafo

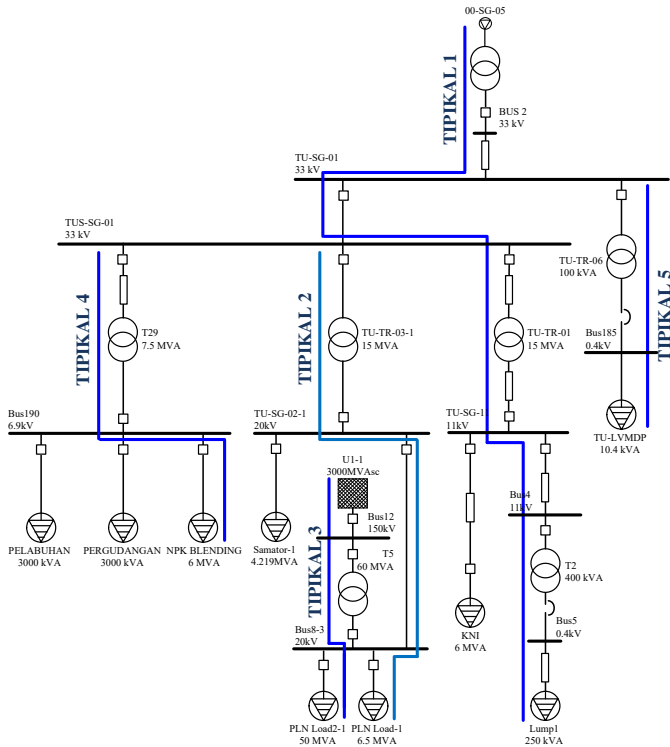
Perhitungan kapasitas Trafo berdasarkan total beban yang dipikul oleh Tursina yaitu sebesar 22.4794 MVA di luar beban PLN sehingga trafo yang dipilih sebesar 25 MVA dengan impedansi sebesar 10%.

Tabel 4.2 Data Beban Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

NO	ID	Ratio		Daya (MVA)	PF (%)
		Motor (%)	Statis (%)		
1	Lump1	80	20	0.25	85
2	KNI	89	11	6	85
3	Samator-1	90	10	4.219	80
4	NPK BLENDING	80	20	6	85
5	PERGUDANGAN	89	11	3	85
6	PELABUHAN	89	11	3	85
7	TU-LVMDP	80	20	0.0104	85
TOTAL				22.4794	

4.4 Pemilihan Tipikal Koordinasi pada Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim

Dalam melakukan koordinasi proteksi rele arus lebih, untuk memudahkan dalam melakukan setting rele dengan cara memilih tipikal. Keseluruhan tipikal dari Kawasan Tursina, PT. Kaltim ditunjukkan pada Gambar 4.4. Tipikal ini yang digunakan untuk mewakili koordinasi pada sistem kelistrikan Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim.



Gambar 4.4 Tipikal Koordinasi pada Tursina, PT. Pupuk Kaltim

Berikut ini adalah rincian tipikal Koordinasi proteksi pada Tursina, PT. Pupuk Kaltim :

1. Koordinasi rele arus lebih diawali dengan pemutus tegangan rendah LVCB 2, rele T2, rele OCR_OUT2TU, rele OCR_INC_TU-TR-01, rele OCR_OUT62, rele OCR_INC61 dan rele RelayT7, dimana rele yang dikoordinasikan sebanyak 6 dengan 1 tambahan pemutus tegangan rendah. Tipikal ini berdasarkan beban terpanjang dan dilewati oleh 2 transformator, yaitu transformator T2 dan transformator TU-TR-01 serta pengaman dari outgoing radial dari Tursina menuju PT. Pupuk Kaltim.
2. Koordinasi rele arus lebih diawali dengan rele PLN1, rele OUT 1 PLN-1, rele 14-3 dan rele 12-1, dimana yang dikoordinasikan

sebanyak 4 rele. Tipikal ini adalah tipikal dari transformator TU-TR-03-1.

3. Koordinasi rele arus lebih diawali dengan rele PLN2, rele S T5, dan rele P T5 dimana yang dikoordinasikan sebanyak 3 rele. Tipikal ini berdasarkan beban PLN terbesar dari tipikal dari grid PLN 3000 MVAsc dan transformator T5.
4. Koordinasi rele arus lebih diawali dengan rele BLD, rele 279, dan rele OCR_OUT64 dimana yang dikoordinasikan sebanyak 3 rele. Tipikal ini berdasarkan beban terbesar dari tipikal transformator T29.
5. Koordinasi rele arus lebih diawali dengan pemutus tegangan rendah LVCB S TU-TR-06, rele TU-TR-06, dimana rele yang dikoordinasikan sebanyak 1 dengan 1 tambahan pemutus tegangan rendah. Tipikal ini adalah tipikal dari transformator TU-TR-06.

4.5 Analisis Hubung Singkat

Sebelum melakukan koordinasi proteksi perlu dilakukan Analisis hubung singkat. Analisis hubung singkat ini menggunakan *Short Circuit Analysis* dengan *software* ETAP. Untuk menghitung arus hubung singkat digunakan sebagai setting rele pengaman digunakan hubung singkat minimum dan hubung singkat maksimum. Hubung singkat minimum adalah hubung singkat antar fasa (2ϕ) pada saat 30 cycle atau *steady state* pada pembangkitan minimum. Sedangkan hubung singkat maksimum merupakan hubung singkat 3 fasa (3ϕ) pada saat 4 cycle dan pembangkitan maksimum.

4.5.1 Hubung Singkat Minimum 30 Cycle

Hubung singkat minimum adalah hubung singkat yang terjadi ketika sistem beroperasi pada kondisi pembangkitan minimum, yaitu saat Generator sebesar 36 MW pada Tanjung Harapan tidak aktif. Hubung singkat minimum 30 cycle digunakan untuk menentukan batasan pickup pada *setting* rele arus lebih seketika (*instantaneous*). Hasil simulasi hubung singkat minimum dua fasa pada 30 cycle pembangkitan minimum pada bus tipikal yang dipilih.

Tabel 4.3 Data hubung singkat minimum pada 30 cycle tanpa Insulated Transformer

NO	ID BUS	Arus Hubung Singkat Minimum 30 Cycle (kA)
1	4	4.17
2	8-3	13.14
3	6	11.32
4	12	10.3
5	16	5.22
6	181	5.47
7	182	9.21
8	185	1.72
9	189	8.32
10	190	6.5
11	KNI	5.22
12	TU-SG-01	9.23
13	TU-SG-02-1	9.68
14	TU-SG-11	5.46
15	TUS-SG-01	9.23

Tabel 4.4 Data hubung singkat minimum pada 30 cycle dengan Insulated Transformer

NO	ID BUS	Arus Hubung Singkat Minimum 30 Cycle (kA)
1	4	4.04
2	8-3	13.14
3	6	12.85
4	12	11.55
5	16	4.84
6	181	5.02
7	182	4.63
8	185	1.98
9	189	4.42
10	190	6.3
11	KNI	4.84
12	TU-SG-01	4.63

Tabel 4.4 Data hubung singkat minimum pada 30 cycle dengan Insulated Transformer (lanjutan)

NO	ID BUS	Arus Hubung Singkat Minimum 30 Cycle (kA)
13	TU-SG-02-1	9.79
14	TU-SG-11	5.02
15	TUS-SG-01	4.63

4.5.2 Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle

Hubung singkat maksimum adalah hubung singkat yang terjadi ketika sistem beroperasi pada kondisi pembangkitan maksimum, yaitu saat semua generator di PT. Pupuk Kaltim aktif. Hubung singkat maksimum 4 cycle merupakan gangguan hubung singkat yang digunakan sebagai setting rele arus lebih *Overcurrent*.

Tabel 4.5 Data hubung singkat maksimum pada 4 cycle tanpa Insulated Transformer

NO	ID BUS	Arus Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle (kA)
1	4	5.67
2	8-3	19.32
3	6	13.24
4	12	11.55
5	16	6.5
6	181	6.83
7	182	17.21
8	185	2.01
9	189	14.95
10	190	11.6
11	KNI	6.5
12	TU-SG-01	17.62
13	TU-SG-02-1	13.29
14	TU-SG-11	6.82
15	TUS-SG-01	17.62

Tabel 4.6 Data hubung singkat maksimum pada 4 cycle dengan Insulated Transformer

NO	ID BUS	Arus Hubung Singkat Maksimum 4 Cycle (kA)
1	4	5
2	8-3	18.43
3	6	13.11
4	12	11.55
5	16	5.24
6	181	5.45
7	182	5.9
8	185	1.98
9	189	5.41
10	190	10.32
11	KNI	5.24
12	TU-SG-01	6.26
13	TU-SG-02-1	11.96
14	TU-SG-11	5.44
15	TUS-SG-01	6.26

4.6 Koordinasi Pengaman Arus Lebih

Koordinasi rele arus lebih bertujuan untuk menganalisa ulang setting rele sebelum dan sesudah pemasangan *Insulated Transformer* pada sistem kelistrikan Tursina, PT. Pupuk Kaltim. Pada tugas akhir ini perlu dilakukan *setting* ulang koordinasi rele arus lebih. Koordinasi ulang dikarenakan pemasangan dari *Insulated Transformer* terdapat perubahan arus hubung singkat yang ditunjukkan pada tabel 4.4 s/d 4.7 diatas.

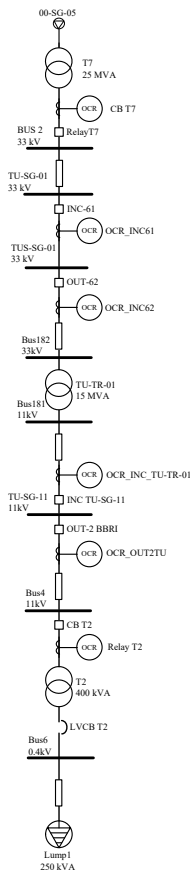
Tujuan koordinasi rele arus lebih adalah untuk melindungi peralatan dari arus hubung singkat yang lebih besar dari arus nominal sekaligus meminimalisir daerah yang terganggu akibat adanya gangguan pada perlatan ataupun saluran daerah lainnya.

Data-data yang diperlukan untuk menentukan koordinasi rele arus lebih adalah rating peralatan, arus gangguan hubung singkat baik minimum 30 cycle, maupun arus gangguan hubung singkat maksimum 4 cycle, dan arus nominal. Pada perhitungan *setting* rele arus lebih ini akan dihitung nilai *lowset*, *highset*, dan *time dial*, sedangkan untuk *time delay* menggunakan *grading time* 0.2s-0.4s berdasarkan IEEE.

4.6.1 Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 1

4.6.1.1 Analisis Kondisi Exsisting Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 1

Tipikal 1 ditunjukkan pada Gambar, terdiri dari 1 pemutus tegangan rendah yaitu LVCB T2 dan 6 rele arus lebih, yaitu rele T2, rele OCR_OUT2TU, rele OCR_INC_TU-TR-01, rele OCR_OUT62, rele OCR_INC61 dan rele RelayT7.



Gambar 4.5 *Single Line Diagram* Koordinasi Tipikal 1

Pengaman yang pertama berupa LVCB T2 di sisi sekunder Transformator T2 sebagai pengaman dari Transformator T2 dan beban pada Bus6 dari gangguan hubung singkat. Rele kedua yaitu rele Relay T2 pada sisi primer Transformator T2 untuk melindungi hubung singkat pada Transformator T2, serta sebagai *backup* LVCB T2. Rele OCR_OUT2TU sebagai pengaman Bus 4 dari gangguan hubung singkat serta sebagai *backup* dari rele Relay T2. Rele keempat yaitu rele OCR_INC_TU-TR-01 sebagai pengaman dari Transformator TU-TR-01 dan Bus TU-SG-11 dari gangguan hubung singkat sedangkan rele OUT-62 sebagai pengaman dari Transformator TU-TR-01 yang terletak pada bagian primer Transformator TU-TR-01. Rele selanjutnya yaitu rele OCR_INC61 sebagai pengaman dari gangguan hubung singkat pada Bus TUS-SG-01, rele terakhir yaitu rele RelayT7 sebagai pengaman Bus TU-SG-01 dan Transformator T7 dari gangguan hubung singkat sekaligus *backup* dari rele OCR_INC61.

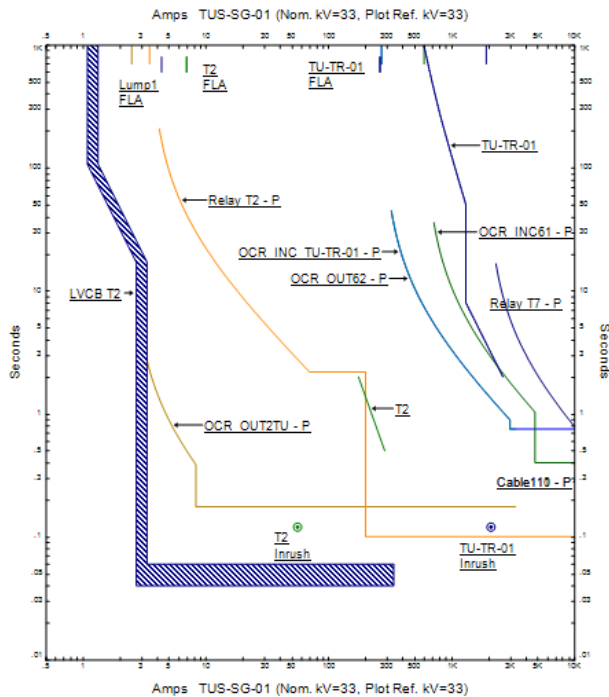
Data setelan *existing* dari rele-rele pengaman pada tipikal 1 ditampilkan pada Tabel sebagai gambaran TCC rele arus lebih yang ada.

Tabel 4.7 Data *setting* rele *existing* tipikal 1

<i>CB ID</i>	<i>Sensor ID</i>	<i>Setting</i>	
LVCB T2	250	<i>Long-Time</i>	0.4
		<i>Time dial</i>	-
		<i>Short-Time</i>	1
		<i>Time delay</i>	-
<i>Relay ID</i>	<i>CT Ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay T2	25/5	<i>Pickup Lowset</i>	10,5A
		<i>Time dial</i>	4,62
		<i>Pickup Highset</i>	600A
		<i>Time delay</i>	0,1s
OCR_OUT2TU	25/5	<i>Pickup Lowset</i>	7,5A
		<i>Time dial</i>	0,1
		<i>Pickup Highset</i>	25A
		<i>Time delay</i>	0,175s
OCR_INC_TU-TR-01	1250/5	<i>Pickup Lowset</i>	812,5A
		<i>Time dial</i>	1,0
		<i>Pickup Highset</i>	9000A
		<i>Time delay</i>	0,75s

Tabel 4.7 Data *setting* rele *existing* tipikal 1 (lanjutan)

<i>Relay ID</i>	<i>CT Ratio</i>	<i>Setting</i>	
OCR_OUT62	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	270A
		<i>Time dial</i>	1,0
		<i>Pickup Highset</i>	3000A
		<i>Time delay</i>	0,75s
OCR_INC61	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	600A
		<i>Time dial</i>	0,8
		<i>Pickup Highset</i>	4800A
		<i>Time delay</i>	0,4s
Relay T7	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	1920A
		<i>Time dial</i>	0,37
		<i>Pickup Highset</i>	12000A
		<i>Time delay</i>	0,7s



Gambar 4.6 Hasil Plot Setelan Rele *Existing* Tipikal 1

4.6.1.2 Studi Koordinasi Tipikal 1

Hasil plot setelan rele awal pada tipikal 1 dapat dilihat pada gambar 4.6. Pada kondisi awal tipikal 1 terdapat beberapa yang perlu diperhitungkan karena kesalahan *setting* dan perubahan arus hubung singkat karena pemasangan trafo diantaranya adalah sistem koordinasi proteksi sebelum adanya pemasangan *Insulated Transformer* arus hubung singkatnya terlalu besar sehingga setting koordinasi awal sudah tidak berlaku lagi. Ada beberapa rele yang overlap dan tumpang tindih, seperti rele OCR_OUT2TU dan LVCB T2 yang overlap bagian *inverse* nya. Serta OCR INC TU-TR-01 dan OCR_OUT62 yang berhimpit. *Setting long-time* dan *short time* LVCB T2 terlalu rendah, sehingga LVCB ini selalu trip mendahului waktu yang seharusnya. Time dial rele OCR_OUT2TU terlalu rendah sehingga rele ini akan trip fungsi *definite* nya terlebih dahulu sebagai rele primer dan *backup*.

Perhitungan ulang *setting* rele adalah sebagai berikut :

- **LVCB T2**

<i>Manufacturer</i>	: ABB
<i>Model</i>	: E1B
<i>Ratio ID</i>	: 250
Isc min bus 6	: 11.14 kA
Isc max bus 6	: 13.11 kA
FLA Sekunder T2	: 577.4 A

Long Time Pickup

$$1.05 \times \text{FLA Sekunder T2} \leq I_{set} \leq 1.4 \times \text{FLA Sekunder T2}$$

$$\frac{1.05 \times \text{FLA Sekunder T2}}{n_{CT}} \leq \text{Tap} \leq \frac{1.4 \times \text{FLA Sekunder T2}}{n_{CT}}$$

$$\frac{1.05 \times 577.4}{250} \leq \text{Tap} \leq \frac{1.4 \times 577.4}{250}$$

$$0.76 \leq \text{Tap} \leq 1.01$$

Dipilih Tap = 0.9

$$I_{set} = 720 \text{ A}$$

Short Time Pickup

$$1.6 \times \text{FLA} \leq I_{set} \leq 0.8 \times \text{Isc min bus 6}$$

$$1.6 \times 577.4 \leq I_{set} \leq 0.8 \times 11140$$

$$923 \leq I_{set} \leq 8912$$

$$\frac{923}{\text{ratio ID}} \leq \text{Tap} \leq \frac{8912}{\text{ratio ID}}$$

$$\frac{923}{250} \leq \text{Tap} \leq \frac{8912}{250}$$

$$1.15 \leq \text{Tap} \leq 11.14$$

Dipilih Tap = 8

$$I = 6400 \text{ A}$$

- **Rele Relay T2**

Manufacturer : Merlin Gerlin
Model : SEPAM 1000
Curve Type : very Inverse
CT Ratio : 25 / 5
Isc min Bus 4 : 3.53 kA
Isc max Bus 4 : 5.01 Ka
FLA Primer T2 : 20.99 A

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times \text{FLA} \leq \text{Iset} \leq 1.4 \times \text{FLA}$$

$$\frac{1.05 \times \text{FLA}}{\frac{nCT}{25}} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{1.4 \times \text{FLA}}{\frac{nCT}{25}} \text{In}$$

$$\frac{1.05 \times 20.99}{25} \text{In} \leq \text{Tap} \leq \frac{1.4 \times 20.99}{25} \text{In}$$

$$0.88 \text{In} \leq \text{Tap} \leq 1.175 \text{In}$$

Dipilih Tap = 1.17
Iset = 29.25 A

t : 0.1 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{\text{sc max Bus4}}}{I_{\text{set}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0.1744 = \left[\frac{9}{\left(\frac{5010}{29.25} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$TD = 2.2$$

Dipilih TD 3.3 (*Range* 0,1 – 12,5)

- **Rele OCR OUT2TU**

<i>Manufacturer</i>	: Merlin Gerlin
<i>Model</i>	: SEPAM 1000
<i>Curve Type</i>	: <i>very Inverse</i>
<i>CT Ratio</i>	: 25 / 5
Isc min Bus 4	: 3.53 kA
Isc max Bus 4	: 5.01 Ka
FLA Primer T2	: 20.99 A

Time Overcurrent Pickup

$$1.05 \times FLA \leq I_{set} \leq 1.4 \times FLA$$

$$\frac{1.05 \times FLA}{\frac{n_{CT}}{25}} In \leq Tap \leq \frac{1.4 \times FLA}{\frac{n_{CT}}{25}} In$$

$$0.88 In \leq Tap \leq 1.175 In$$

Dipilih Tap = 1.16
I_{set} = 29 A

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{sc \max \text{ kontribusi OUT-2 BBRi}}}{I_{set}} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$0,42 = \left[\frac{9}{\left(\frac{5010}{29} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$TD = 6.6$$

Dipilih TD 7.99 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA TU – SG – 11 < I_{set} < 0,8 isc min bus TU-SG-11

$1,6 \times 20.99 < I_{set} < 0,8 \times 3530$

$33.584 < I_{set} < 2824$

$\frac{33.584}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{2824}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{33.584}{25} I_n < \text{tap} < \frac{2824}{25} I_n$

$1.34 I_n < \text{tap} < 112.96 I_n$

Dipilih tap 23.5I_n (*Range* 1 – 24I_n)

I_{set} = 587.5 A

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

• **Rele OCR INC TU-TR-01**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Very Inverse
Rasio CT	: 1250/5
FLA Trafo TU-TR-01	: 787,3A
Isc min bus TU-SG-11	: 4390A
Isc max bus TU-SG-11	: 6650A
Isc max TU-SG-11	: 5440A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA Trafo < I_{set} < 1,4 FLA Trafo

$1,05 \times 787,3 < I_{set} < 1,4 \times 787,3$

$826,665 < I_{set} < 1102,220$

$\frac{826,665}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{1102,220}{\text{primer CT}} I_n$

$$\frac{826,665}{1250} I_n < \text{tap} < \frac{1102,220}{1250} I_n$$

$$0,661 I_n < \text{tap} < 0,882 I_n$$

Dipilih tap $0,7I_n$ (*Range* 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 875 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,5 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi TU-SG-11}}{I_{\text{set}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,5 = \left[\frac{9}{\left(\frac{5440}{875} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,28$$

Dipilih TD 0,4 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA Trafo} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min bus TU-SG-11}$$

$$1,6 \times 787,3 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 4300$$

$$1259,68 < I_{\text{set}} < 3440$$

$$\frac{1259,68}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3440}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{1259,68}{1250} I_n < \text{tap} < \frac{3440}{1250} I_n$$

$$1,01 I_n < \text{tap} < 2,8$$

Dipilih tap $1,2I_n$ (*Range* 1 – 24 I_n)

$$I_{\text{set}} = 1500 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,5 detik

• **Rele OCR OUT62**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Very Inverse
Rasio CT	: 400/5
FLA Trafo TU-TR-01	: 262,4A
Isc min bus TU-SG-11	: 4130A
Isc max bus TU-SG-11	: 6250A
Isc max kontribusi TU-SG-11	: 5900A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA Trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo}$$

$$1,05 \times 262,4 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 262,4$$

$$275,52 < I_{\text{set}} < 367,36$$

$$\frac{275,52}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{275,52}{400} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{400} I_n$$

$$0,689 I_n < \text{tap} < 0,918 I_n$$

Dipilih tap $0,75 I_n$ (*Range* 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 300 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi TUS-SG-01}}{I_{\text{set}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{9}{\left(\frac{349}{280} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$TD = 0,21$$

Dipilih TD 0,8 (*Range* 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA Trafo < Iset < 0,8 isc min bus TUS-SG-01

$1,6 \times 262,4 < I_{set} < 0,8 \times 3900$

$419,84 < I_{set} < 3304$

$\frac{419,84}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{419,84}{400} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{400} I_n$

$1,05 I_n < \text{tap} < 8,26 I_n$

Dipilih tap $1,9 I_n$ (*Range* 1 - $24 I_n$)

$I_{set} = 760 \text{ A}$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

• **Rele OCR INC61**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Very Inverse
Rasio CT	: 800/5
FLA bus TUS-SG-01	: 656A
Isc min bus TUS-SG-01	: 4130A
Isc max bus TUS-SG-01	: 6250A
Isc max kontribusi TUS-SG-01	: 3370A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$1,05 \text{ FLA bus TUS - SG - 01} < I_{set} < 1,4 \text{ FLA TUS - SG - 01}$

$1,05 \times 656 < I_{set} < 1,4 \times 656$

$$688.8 < I_{\text{set}} < 918.4$$

$$\frac{688.8}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{918.4}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{688.8}{800} I_n < \text{tap} < \frac{918.4}{800} I_n$$

$$0,861 I_n < \text{tap} < 1,15 I_n$$

Dipilih tap $0,862 I_n$ (*Range* 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 689.5 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi TU-SG-01}}{I_{\text{set}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,3 = \left[\frac{9}{\left(\frac{2890}{360} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,127$$

Dipilih TD 0,149 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA bus TUS – SG – 01 < Iset < 0,8 isc min bus TU-SG-01

$$1,6 \times 656 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 4130$$

$$1049.6 < I_{\text{set}} < 3304$$

$$\frac{1049.6}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{1049.6}{400} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{400} I_n$$

$$1.3 I_n < \text{tap} < 4.13 I_n$$

Dipilih tap $3,3 I_n$ (*Range* 1 – $24I_n$)

$$I_{\text{set}} = 2640 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

• **Relay T7**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Very Inverse
Rasio CT	: 350/5
FLA bus TU-SG-01	: 437.4A
Isc min bus TU-SG-01	: 4130A
Isc max bus TU-SG-01	: 6270A
Isc max kontribusi TU-SG-01	: 3420A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA bus TU – SG – 01} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA bus TU – SG – 01}$$

$$1,05 \times 437.4 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 437.4$$

$$459.27 < I_{\text{set}} < 612.36$$

$$\frac{459.27}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{612.36}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{459.27}{350} I_n < \text{tap} < \frac{612.36}{350} I_n$$

$$1.3 I_n < \text{tap} < 1.75 I_n$$

Dipilih tap $1.7I_n$ (*Range* 0,3 – $2,4I_n$)

$$I_{\text{set}} = 595 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,5 detik

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right) - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{9}{\left(\frac{I_{sc \text{ max kontribusi TU-SG-01}}{I_{set}} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$0,5 = \left[\frac{9}{\left(\frac{3370}{595} \right) - 1} \right] \times TD$$

$$TD = 0,29$$

Dipilih TD 0,39 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA bus TUS – SG – 01 < Iset < 0,8 isc min bus TU-SG-01

1,6 × 437.4 < Iset < 0,8 × 4130

699.84 < Iset < 3304

$$\frac{699.84}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{699.84}{350} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{350} I_n$$

$$1.99 I_n < \text{tap} < 9.44 I_n$$

Dipilih tap 7.7 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

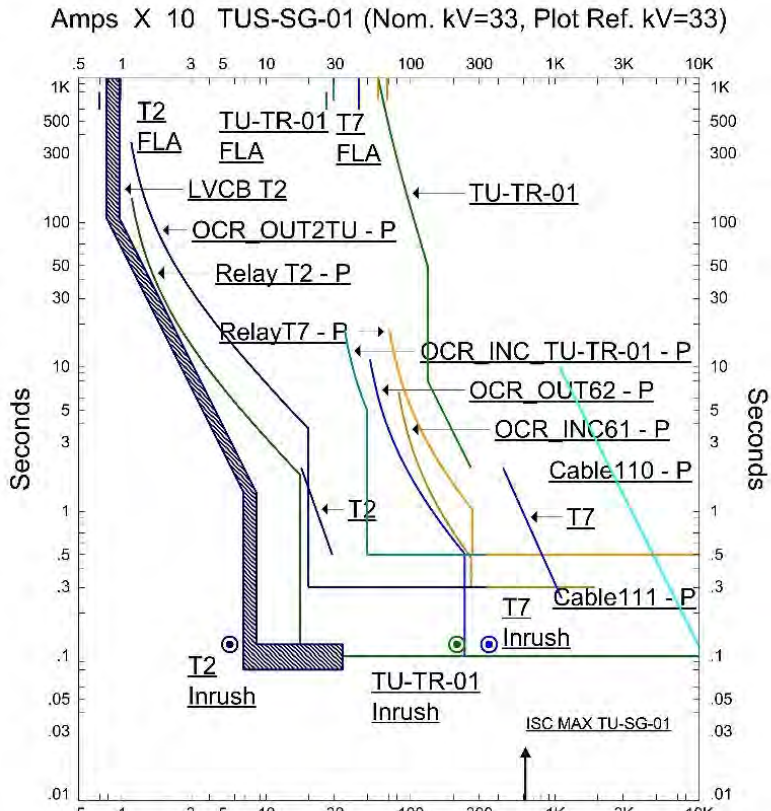
$$I_{set} = 2695 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,5 detik

Berdasarkan analisa kondisi *existing* koordinasi rele, dilakukan perbaikan pada beberapa rele. Yaitu menaikkan *setting long-time* menjadi di atas nilai 1.5 x FLA dan *short time* di atas 0.8 Isc min. menaikkan *pickup lowset* rele T2 sampai OCR_INC61 dan menurunkan *pickup lowset* rele RelayT7 karena nilai arus di sini turun drastis daripada sebelumnya. Data koordinasi rele arus lebih tipikal 1 setelah dipasang *Insulated Transformer* dan dilakukan *resetting* ditunjukkan pada tabel 4.7. Berdasarkan data *resetting* dan plot kurva kerja rele dari perhitungan ulang pada tipikal 1 terdapat beberapa perbaikan, diantaranya adalah dapat diketahui bahwa dengan pemasangan Trafo mengakibatkan arus

hubung singkat semakin menurun. Pada rele-rele ini maka dilakukan perbaikan dengan memperkecil *time dial* untuk semua rele kecuali rele T2 dan T7 untuk mengaktifkan fungsi *backup*, dan menurunkan nilai setting *pickup highset* pada rele T7, OCR_INC61, OCR_OUT62.



Amps X 10 TUS-SG-01 (Nom. kV=33, Plot Ref. kV=33)

Gambar 4.7 Hasil Plot Setelan Rele *Resetting* Tipikal 1

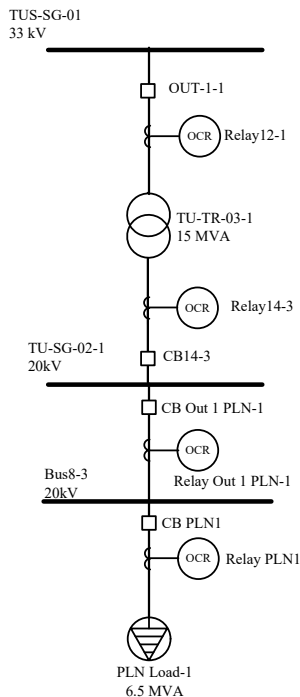
Tabel 4.8 Data *Resetting* rele Tipikal 1

<i>CB ID</i>	<i>Sensor ID</i>	<i>Setting</i>	
LVCB T2	250	<i>Long-Time</i>	720
		<i>Time dial</i>	-
		<i>Short-Time</i>	6400
		<i>Time delay</i>	-
<i>Relay ID</i>	<i>CT ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay T2	25/5	<i>Pickup Lowset</i>	29.25A
		<i>Time dial</i>	3.29s
		<i>Pickup Highset</i>	515A
		<i>Time delay</i>	0,1s
OCR_OUT2TU	25/5	<i>Pickup Lowset</i>	29A
		<i>Time dial</i>	7.99
		<i>Pickup Highset</i>	587.5A
		<i>Time delay</i>	0,3s
OCR_INC_TU-TR-01	1250/5	<i>Pickup Lowset</i>	875A
		<i>Time dial</i>	0,4s
		<i>Pickup Highset</i>	1500A
		<i>Time delay</i>	0,5s
OCR_OUT62	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	300A
		<i>Time dial</i>	0,25
		<i>Pickup Highset</i>	2625A
		<i>Time delay</i>	0,1s
OCR_INC61	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	689.5A
		<i>Time dial</i>	0,149s
		<i>Pickup Highset</i>	2625A
		<i>Time delay</i>	0,3s
Relay T7	350/5	<i>Pickup Lowset</i>	595A
		<i>Time dial</i>	0,39
		<i>Picup Highset</i>	2695A
		<i>Time delay</i>	0,5s

4.6.2 Analisis Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 2

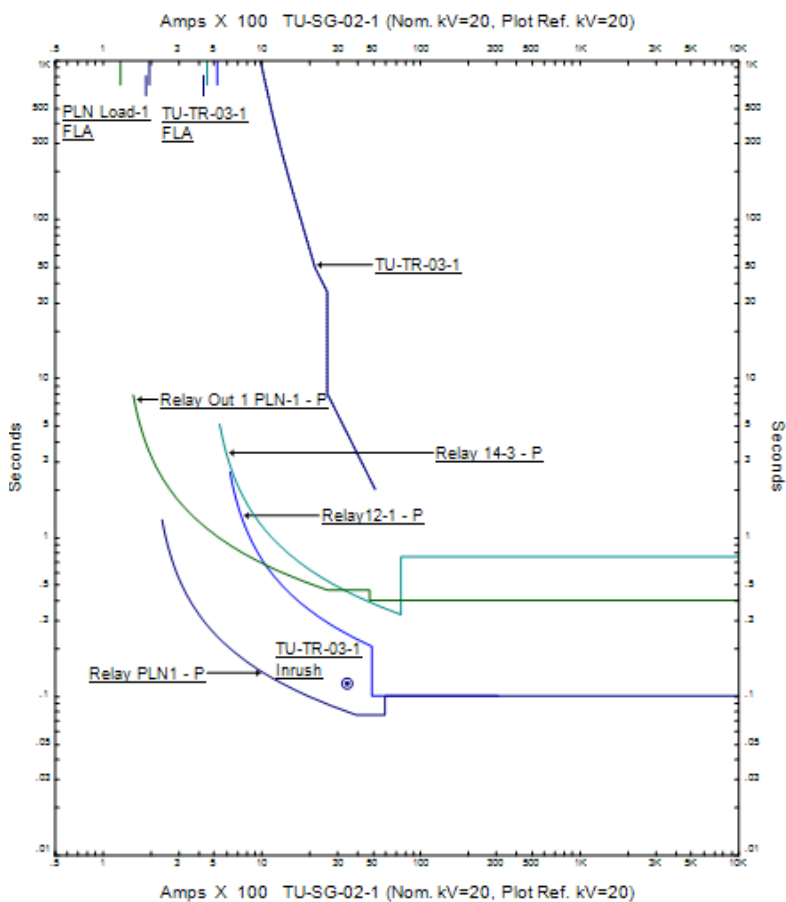
4.6.2.1 Analisis Kondisi Exsisting Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 2

Koordinasi rele arus lebih tipikal 2 merupakan jalur tipikal dari Trafo TU-TR-03-1 hingga beban lump PLN-Load1 yang terdiri dari rele Relay PLN1 untuk melindungi beban lump PLN Load-1, rele OUT1 PLN-1 sebagai *backup* nya, rele Relay 14-3 sebagai pelindung trafo sekunder dan Bus8-3 serta rele Relay12-1 sebagai pelindung trafo primer dan *backup* rele Relay14-3 dari gangguan *overload*, gambar rangkaian tipikal 2 dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Single Line Diagram* Koordinasi Tipikal 2

Data awal koordinasi rele arus lebih tipikal 2 ditunjukkan pada Tabel 4.9. sedangkan hasil plot kurva time curve (TCC) tipikal 2 ditunjukkan oleh Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil Plot Setelan *Existing* Tipikal 2

Tabel 4.9 Data *Setting* rele *Existing* Pada Tipikal 2

Relay ID	CT ratio	Setting	
Relay PLN1	200/5	<i>Pickup Lowset</i>	197.5A
		<i>Time dial</i>	0,1
		<i>Pickup Highset</i>	6000A
		<i>Time delay</i>	0,1s
Relay Out 1 PLN-1	200/5	<i>Pickup Lowset</i>	130A
		<i>Time dial</i>	0,61
		<i>Pickup Highset</i>	4800A
		<i>Time delay</i>	0,4s
Relay 14-3	500/5	<i>Pickup Lowset</i>	455A
		<i>Time dial</i>	0,4
		<i>Pickup Highset</i>	7550A
		<i>Time delay</i>	0,75s
Relay12-1	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	320A
		<i>Time dial</i>	0,2
		<i>Pickup Highset</i>	3000A
		<i>Time delay</i>	0,1s

4.6.2.2 Studi Koordinasi Tipikal 2

Dari hasil plot kurva time current curve (TCC) tipikal 2 pada kondisi awal, rele OUT 1 PLN-1 *setting inverse* nya terlalu rendah sehingga menabrak rele Relay12-1 dan rele Relay14-3, begitu juga nilai *setting inverse* dari rele Relay PLN1, dan rele Relay 14-3 yang terlalu kecil, sehingga harus dinaikkan. Secara umum, nilai *pickup* baik *highset* maupun *lowset* berubah karena arus gangguan berubah setelah pemasangan trafo.

- **Rele PLN1**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 200/5
FLA beban lump PLN Load2-1	: 187.6A
Isc min Bus8-3	: 12290A
Isc max kontribusi beban lump	: 405A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA beban Lump < I_{set} < 1,4 FLA beban Lump

1,05 × 187.6 < I_{set} < 1,4 × 187.6

196.98 < I_{set} < 262.64

$$\frac{196.98}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{262.64}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{196.98}{200} I_n < \text{tap} < \frac{262.64}{200} I_n$$

0.98 I_n < tap < 1.3 I_n

Dipilih tap I_n (Range 0,3 – 2,4I_n)

I_{set} = 200 A

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc kontribusi Lump PLN1}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{405}{200} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

TD = 0,03

Dipilih TD 0,18 (Range 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA beban Lump < I_{set} < 0,8 isc min Bus8 – 3

1,6 × 187.6 < I_{set} < 0,8 × 12290

300.16 < I_{set} < 9832

$$\frac{300.16}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{300.16}{200} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{200} I_n$$

$$1,5 I_n < \text{tap} < 49.16 I_n$$

Dipilih tap $19.6 I_n$ (*Range* 1 – $24I_n$)

$$I_{\text{set}} = 3920 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

- **Rele OCR Out 1 PLN-1**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 200/5
FLA	: 175A
Isc min bus TU-SG-02-1	: 12290A
Isc max kontribusi bus TU-SG-02-1	: 2940A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA}$$

$$1,05 \times 175 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 175$$

$$183.7 < I_{\text{set}} < 245$$

$$\frac{183.7}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{245}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{183.7}{200} I_n < \text{tap} < \frac{245}{200} I_n$$

$$0,91 I_n < \text{tap} < 1.2 I_n$$

Dipilih tap $0,93 I_n$ (*Range* 0,3 – $2,4I_n$)

$$I_{\text{set}} = 186 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{pickup}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{sc \text{ max kontribusi lump}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$0,3 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2940}{186} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$TD = 0.35$$

Dipilih TD 0.36 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA < Iset < 0,8 isc min kontribusi

1,6 × 175 < Iset < 0,8 × 12290

280 < Iset < 9832

$$\frac{280}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{280}{200} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{200} I_n$$

$$1,4 I_n < \text{tap} < 49.16 I_n$$

Dipilih tap 8.5 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

$$I_{set} = 1700 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

- **Rele 14-3**

Manufaktur

Model

Tipe Kurva

: Merlin Gerin

: Sepam 1000

: Standard Inverse

Rasio CT	: 500/5
FLA trafo TU-TR-03-1	: 433
Isc min bus TU-SG-02-1	: 2160A
Isc max kontribusi TU-SG-02-1	: 2980A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo}$$

$$1,05 \times 433 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 433$$

$$454,65 < I_{\text{set}} < 606,2$$

$$\frac{454,65}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{606,2}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{454,65}{500} I_n < \text{tap} < \frac{606,2}{500} I_n$$

$$0,909 I_n < \text{tap} < 1,212 I_n$$

Dipilih tap $0,92 I_n$ (Range 0,3 - $2,4 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 460 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,5 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi TU-SG-02-1}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,5 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2980}{460} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,38$$

Dipilih TD 0,4 (Range 0,1 - 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA Trafo} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min kontribusi TU-SG-02-1}$$

$$1,6 \times 433 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 2160$$

$$692,8 < I_{\text{set}} < 1728$$

$$\frac{692,8}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{1728}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{692,8}{500} I_n < \text{tap} < \frac{1728}{500} I_n$$

$$1,39 I_n < \text{tap} < 3,456 I_n$$

Dipilih tap $3,4 I_n$ (Range 1 – $24 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 1700 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih Time delay 0,5 detik

• **Relay12-1**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 400/5
FLA trafo TU-TR-03-1	: 262,4A
Isc min bus TUS-SG-01	: 4130A
Isc max kontribusi TUS-SG-01	: 2000A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo}$$

$$1,05 \times 262,4 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 262,4$$

$$275,52 < I_{\text{set}} < 367,36$$

$$\frac{275,52}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{275,52}{400} I_n < \text{tap} < \frac{367,36}{400} I_n$$

$$0,689 I_n < \text{tap} < 0,918 I_n$$

Dipilih tap 0,975 (Range 0,3 – $2,4 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 300 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max kontribusi TUS-SG-01}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{2000}{300} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,08$$

Dipilih TD 0,45 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA Trafo} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min kontribusi TUS-SG-01}$$

$$1,6 \times 262,4 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 4130$$

$$419,84 < I_{\text{set}} < 3304$$

$$\frac{419,84}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{419,84}{400} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{400} I_n$$

$$1,05 I_n < \text{tap} < 8,3 I_n$$

Dipilih tap 8.2 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

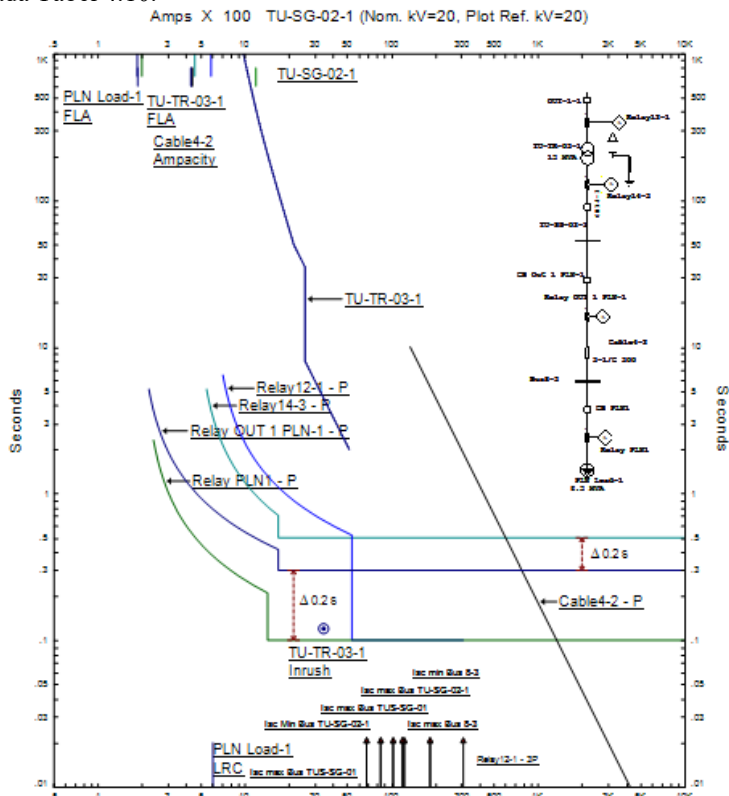
$$I_{\text{set}} = 3280 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

Dari hasil perhitungan parameter-parameter koordinasi rele arus lebih gangguan pada tipikal 2 diperoleh plot kurva Time Current Curve (TCC) seperti ditunjukkan pada gambar 4.7. Pada plot kurva TCC tipikal 2 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai *pickup highset* dari rele Relay PLN1, rele OUT1 PLN-1 dan rele Relay14-3, nilai sebelumnya terlalu besar sehingga harus diturunkan. Nilai *pickup lowset* dari rele OUT 1 PLN-1 dinaikkan, karena nilai *existing* kurang dari 1.05 FLA.

Data *resetting* koordinasi rele arus lebih tipikal 2 ditunjukkan pada Tabel 4.10.



Gambar 4.11 Hasil Plot Setelan Rele *Resetting* Tipikal 2

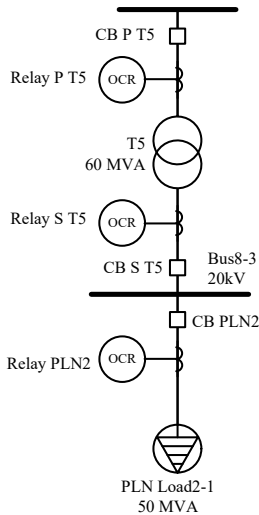
Tabel 4.10 Data Resetting Rele Pada Tipikal 2

<i>Relay ID</i>	<i>CT ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay PLN1	200/5	<i>Pickup Lowset</i>	200A
		<i>Time dial</i>	0,18s
		<i>Pickup Highset</i>	1440A
		<i>Time delay</i>	0,1s
Relay Out 1 PLN-1	200/5	<i>Pickup Lowset</i>	186A
		<i>Time dial</i>	0.36s
		<i>Pickup Highset</i>	1700A
		<i>Time delay</i>	0,3s
Relay 14-3	500/5	<i>Pickup Lowset</i>	460A
		<i>Time dial</i>	0,4s
		<i>Pickup Highset</i>	1700A
		<i>Time delay</i>	0,5s
Relay 12-1	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	300A
		<i>Time dial</i>	0,45
		<i>Pickup Highset</i>	3280A
		<i>Time delay</i>	0,1s

4.6.3 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Gangguan Fasa Tipikal 3

4.6.3.1 Analisa Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 3

Koordinasi rele arus lebih tipikal 3 merupakan jalur tipikal dari beban lump PLN Load2-1 hingga ke Grid PLN. Tipikal ini terdiri dari rele Relay PLN2 untuk melindungi beban lump PLN Load2-1, rele Relay S T5 sebagai *backup* Relay PLN2, melindungi Bus8-3 dan daerah sekunder trafo T5 serta rele Relay P T5 sebagai *backup overload* rele Relay S T5, dan melindungi daerah trafo primer T5. Gambar rangkaian tipikal 3 dapat dilihat pada gambar 4.12.

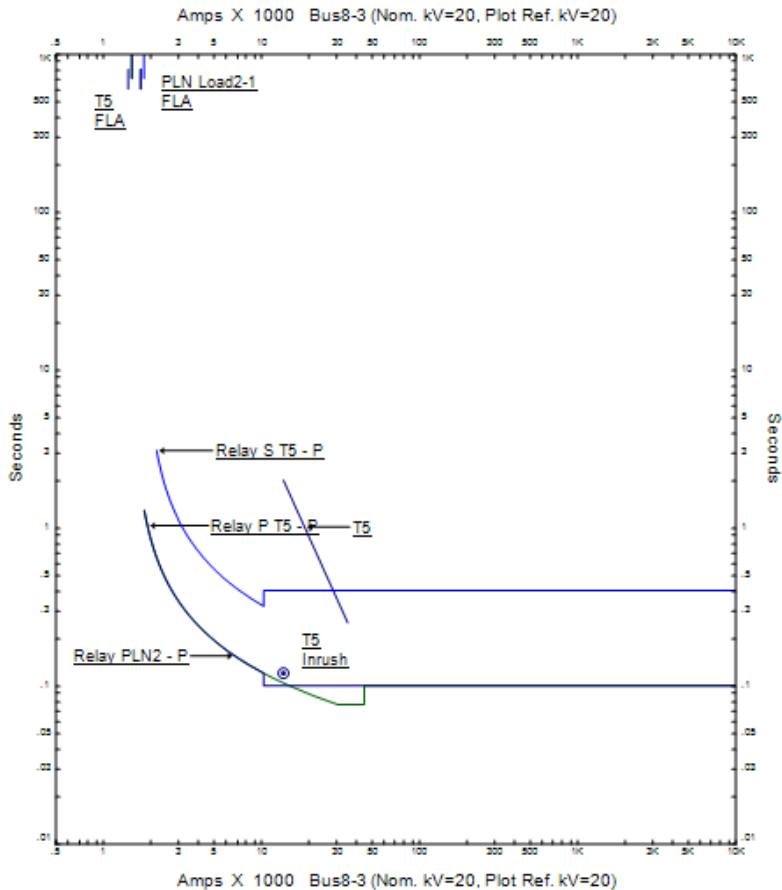


Gambar 4.12 *Single Line Diagram* Koordinasi Tipikal 3

Data awal koordinasi rele arus lebih tipikal 3 ditunjukkan pada Tabel 4.11. sedangkan hasil plot kurva time curve (TCC) tipikal 3 ditunjukkan oleh Gambar 4.13.

Tabel 4.11 Data setting rele *existing* tipikal 3

<i>Relay ID</i>	<i>CT ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay PLN2	250/5	<i>Pickup Lowset</i>	1523A
		<i>Time dial</i>	0,1
		<i>Pickup Highset</i>	10378A
		<i>Time delay</i>	0,1s
Relay S T5	2000/5	<i>Pickup Lowset</i>	1820A
		<i>Time dial</i>	0,24
		<i>Pickup Highset</i>	10380A
		<i>Time delay</i>	0,4s
Relay P T5	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	202.5A
		<i>Time dial</i>	0,1
		<i>Pickup Highset</i>	6000A
		<i>Time delay</i>	0,1s



Gambar 4.13 Hasil Plot Setelan *Existing* Tipikal 3

4.6.3.2 Studi Koordinasi Tipikal 3

Dari hasil plot kurva time current curve (TCC) tipikal 3 pada kondisi awal, terlihat bahwa *setting inverse* dari rele Relay S T5 dan rele Relay PLN2 dalam hal ini *time dial* nya terlalu rendah. *Setting* rele PLN2 dan rele Relay P T5 juga tumpang tindih sehingga garis dibenahi. Berikut ini merupakan perhitungan parameter-parameter yang digunakan dalam koordinasi rele arus lebih gangguan pada tipikal 3.

- **Rele PLN2**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 1500/5
FLA beban lump PLN Load-2	: 1443
Isc min Bus8-3	: 12290A
Isc max feeder beban lump	: 3110A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA beban Lump < I_{set} < 1,4 FLA beban Lump

1,05 × 1443 < I_{set} < 1,4 × 1443

1515,15 < I_{set} < 2020,20

$\frac{1515,15}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{2020,20}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{1515,15}{1500} I_n < \text{tap} < \frac{2020,20}{1500} I_n$

I_n < tap < 1.3 I_n

Dipilih tap 1.2I_n (Range 0,3 – 2,4I_n)

I_{set} = 1800 A

Time dial

Waktu operasi: 0.1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder lump}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{3110}{1800} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

TD = 0,0259

Dipilih TD 0,3 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA beban Lump < I_{set} < 0,8 isc min Bus8 – 3

1,6 × 1443 < I_{set} < 0,8 × 12290

2308,8 < I_{set} < 9832

$\frac{2308,8}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{2308,8}{1500} I_n < \text{tap} < \frac{9832}{1500} I_n$

1,5 I_n < tap < 6.5 I_n

Dipilih tap 5 I_n (*Range* 1 – 24I_n)

I_{set} = 7500 A

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

• **Rele S-T5**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 2000/5
FLA Trafo T5	: 1732A
Isc min Bus8-3	: 10380A
Isc max kontribusi Bus8-3	: 11980A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA trafo T5 < I_{set} < 1,4 FLA trafo T5

1,05 × 1732 < I_{set} < 1,4 × 1732

1818,6 < I_{set} < 2424,8

$\frac{1818,6}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{2424,8}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{1818,6}{2000} I_n < \text{tap} < \frac{2424,8}{2000} I_n$

$$0,909 I_n < \text{tap} < 1,212 I_n$$

Dipilih tap $0,93 I_n$ (*Range* 0,3 – $2,4 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 1860 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder lump}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,3 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{11980}{1860} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,23$$

Dipilih TD 0,4 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA trafo T5} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc Bus8} - 3$$

$$1,6 \times 1732 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 10380$$

$$2771,2 < I_{\text{set}} < 8304$$

$$\frac{2771,2}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{8304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{2771,2}{2000} I_n < \text{tap} < \frac{8304}{2000} I_n$$

$$1,39 I_n < \text{tap} < 4,15 I_n$$

Dipilih tap $4,1 I_n$ (*Range* 1 – $24 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 8200 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

- **Rele P T5**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 250/5
FLA trafo T5	: 230,9A
Isc min Bus12	: 10220A
Isc max feeder Bus12	: 588A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo}$$

$$1,05 \times 230,9 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 230,9$$

$$242,445 < I_{\text{set}} < 323,26$$

$$\frac{242,445}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{323,26}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{242,445}{250} I_n < \text{tap} < \frac{323,26}{250} I_n$$

$$0,9 I_n < \text{tap} < 1,3 I_n$$

Dipilih tap $1.2 I_n$ (Range 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 300 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0.1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder Bus12}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{588}{300} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,0288$$

Dipilih TD 0,4 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

1,6 FLA Trafo < Iset < 0,8 isc min Bus12

$1,6 \times 230,9 < Iset < 0,8 \times 10220$

$369,44 < Iset < 8178$

$\frac{369,44}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{8178}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{369,44}{250} I_n < \text{tap} < \frac{8168}{250} I_n$

$147 I_n < \text{tap} < 32,7 I_n$

Dipilih tap 8.6 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

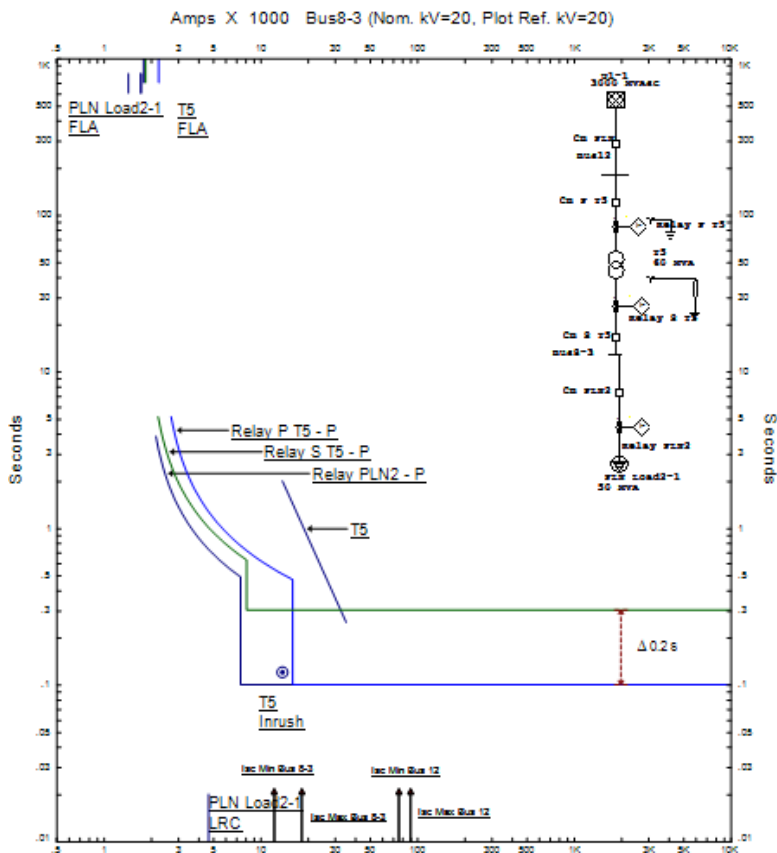
$I_{\text{set}} = 2150 \text{ A}$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

Dari hasil perhitungan parameter-parameter koordinasi rele arus lebih gangguan pada tipikal 3 diperoleh plot kurva Time Current Curve (TCC) seperti ditunjukkan pada gambar 4.10. Pada plot kurva TCC tipikal 3 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai *pickup highset* dari rele Relay PLN2 dan rele Relay S T5 karena melebihi nilai yang seharusnya yaitu 0.8 Isc min. Nilai *lowset* dari rele Relay P T5 juga perlu dinaikkan karena berada di bawah nilai yang seharusnya yaitu 1.05 Isc max. Menurunnya nilai *highset* pada beberapa rele disebabkan pemasangan trafo sehingga arus gangguan menurun dan berakibat pada menurunnya pula arus gangguan.

Data *resetting* koordinasi rele arus lebih tipikal 3 ditunjukkan pada tabel 4.14.



Gambar 4.14 Hasil Plot Setelan Rele *Existing* Tipikal 3

Tabel 4.12 Data *Resetting* rele Pada Tipikal 3

Relay ID	CT ratio	Setting	
Relay PLN2	250/5	Pickup Lowset	1800A
		Time dial	0,3
		Pickup Highset	7500A
		Time delay	0,1s

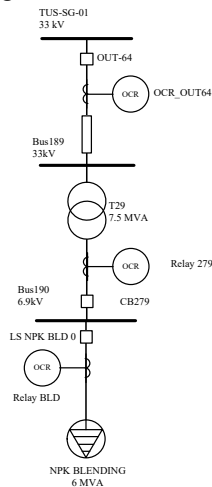
Tabel 4.12 Data *Resetting* rele Pada Tipikal 3 (lanjutan)

<i>Relay ID</i>	<i>CT ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay S T5	2000/5	<i>Pickup Lowset</i>	1860A
		<i>Time dial</i>	0,4
		<i>Pickup Highset</i>	8200A
		<i>Time delay</i>	0,3s
Relay P T5	300/5	<i>Pickup Lowset</i>	300A
		<i>Time dial</i>	0,4
		<i>Pickup Highset</i>	2150A
		<i>Time delay</i>	0,1s

4.6.4 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 4

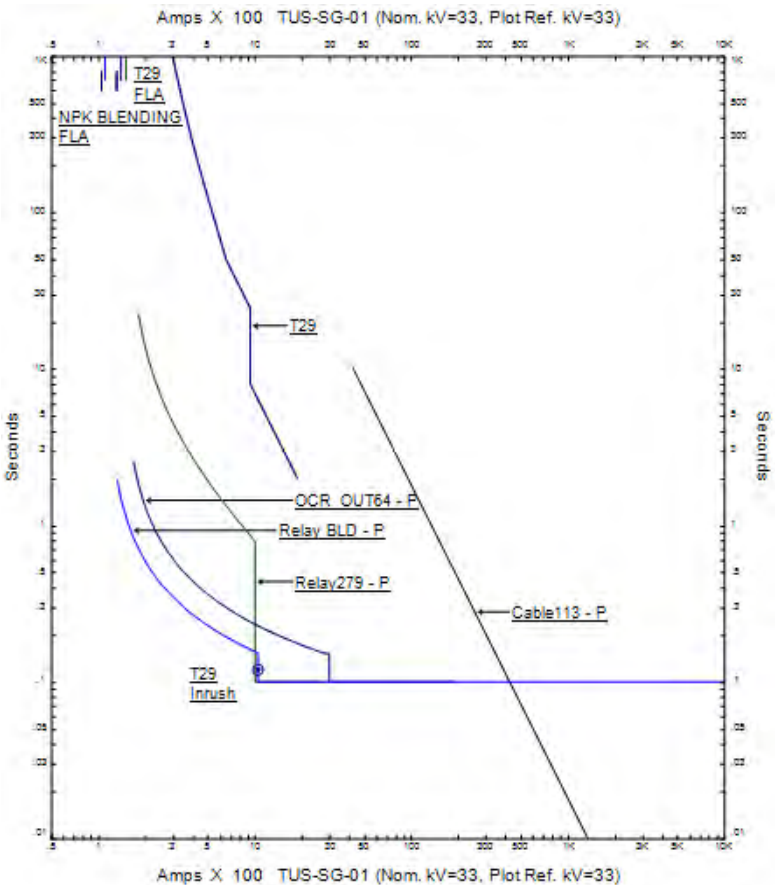
4.6.4.1 Analisis Kondisi Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 4

Koordinasi rele arus lebih tipikal 4 merupakan jalur tipikal dari trafo T29 hingga beban NPK BLENDING. Tipikal 4 terdiri dari 3 rele pengaman yaitu rele OCR_OUT64 sebagai pengaman bagian primer trafo T29 dan *backup* rele Relay 279, berikutnya rele Relay279 sebagai pengaman sekunder trafo dan backup rele Relay BLD dan rele Relay BLD sebagai pengaman dari beban lump NPK Blending. Gambar rangkaian tipikal 4 dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.15 *Single Line Diagram* Koordinasi Tipikal 4

Data awal koordinasi rele arus lebih tipikal 4 ditunjukkan pada Tabel 4.13. Sedangkan hasil plot kurva time curve (TCC) tipikal 4 ditunjukkan oleh Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Hasil Plot Setelan Existing Tipikal 4

Tabel 4.13 Data Setting rele Awal Pada Tipikal 4

<i>Relay ID</i>	<i>CT ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay BLD	600/5	<i>Pickup Lowset</i>	528A
		<i>Time dial</i>	0,15
		<i>Pickup Highset</i>	5034A
		<i>Time delay</i>	0,1s
Relay279	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	720A
		<i>Time dial</i>	0,5
		<i>Pickup Highset</i>	4800A
		<i>Time delay</i>	0,1s
OCR_OUT64	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	140A
		<i>Time dial</i>	0,2
		<i>Pickup Highset</i>	3000A
		<i>Time delay</i>	0,1s

4.6.4.2 Studi Koordinasi Tipikal 4

Dari hasil plot kurva time current curve (TCC) tipikal 4 pada kondisi awal, terlihat bahwa delta t pada *time delay* rele Relay BLD dan rele Relay 279 0 atau memiliki *time delay* yang sama yaitu 0,1 s, seharusnya rele-rele tersebut memiliki *grading time*. *Setting inverse* dari rele OCR_OUT64 juga terlalu rendah sehingga rele ini tidak akan bisa menjadi *backup* dari rele Relay279 sehingga perlu koordinasi ulang.

- **Rele BLD**

Manufaktur : Merlin Gerin
 Model : Sepam 1000
 Tipe Kurva : Standard Inverse
 Rasio CT : 600/5
 FLA beban lump NPK BLENDING : 502A
 Isc min Bus190 : 5500A
 Isc max feeder beban lump : 1730A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

1,05 FLA beban Lump < I_{set} < 1,4 FLA beban Lump
 $1,05 \times 502 < I_{set} < 1,4 \times 502$
 $527,1 < I_{set} < 702,8$

$$\frac{527,1}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{702,8}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{527,1}{600} I_n < \text{tap} < \frac{702,8}{600} I_n$$

$$0,879 I_n < \text{tap} < 1,171 I_n$$

Dipilih tap $0,9 I_n$ (*Range* 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 540 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder lump}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,3 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{1730}{540} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,04$$

Dipilih TD 0,3 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA beban Lump} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min Bus190}$$

$$1,6 \times 502 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 5500$$

$$803,2 < I_{\text{set}} < 4400$$

$$\frac{803,2}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{4400}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{803,2}{600} I_n < \text{tap} < \frac{4400}{600} I_n$$

$$1,34 I_n < \text{tap} < 7,33 I_n$$

Dipilih tap $6.7 I_n$ (*Range 1 – 24I_n*)

$$I_{\text{set}} = 4020 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,3 detik

- **Relay279**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 800/5
FLA Trafo T29	: 627,6A
Isc min feeder Bus190	: 5500A
Isc max feeder Bus190	: 6660A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA Trafo T29} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo T29}$$

$$1,05 \times 627,6 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 627,6$$

$$658,98 < I_{\text{set}} < 878,64$$

$$\frac{658,98}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{878,64}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{658,98}{800} I_n < \text{tap} < \frac{878,64}{800} I_n$$

$$0,824 I_n < \text{tap} < 1,098 I_n$$

Dipilih tap $0,8 I_n$ (*Range 0,3 – 2,4I_n*)

$$I_{\text{set}} = 640 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{sc \text{ max feeder lump}}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$0,5 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{6660}{664} \right)^{0,02} - 1} \right] \times TD$$

$$TD = 0,2$$

Dipilih TD 0,24 (*Range* 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA Trafo T29} < I_{set} < 0,8 \text{ isc min Bus190}$$

$$1,6 \times 627,6 < I_{set} < 0,8 \times 5500$$

$$1004,16 < I_{set} < 4400$$

$$\frac{1004,16}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{4400}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{1004,16}{800} I_n < \text{tap} < \frac{4400}{800} I_n$$

$$1,26 I_n < \text{tap} < 5,5 I_n$$

Dipilih tap 5,4 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

$$I_{set} = 4320 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,5 detik

• **Rele OCR OUT64**

Manufaktur	: Merlin Gerin
Model	: Sepam 1000
Tipe Kurva	: Standard Inverse
Rasio CT	: 400/5
FLA Trafo T29	: 131,2A
Isc min bus TUS-SG-01	: 3940A
Isc max kontribusi TUS-SG-01	: 5410A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA Trafo T29} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA Trafo T29}$$

$$1,05 \times 131,2 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 131,2$$

$$137,76 < I_{\text{set}} < 183,68$$

$$\frac{137,76}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{183,68}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{137,76}{400} I_n < \text{tap} < \frac{183,68}{400} I_n$$

$$0,344 I_n < \text{tap} < 0,459 I_n$$

Dipilih tap $0,45 I_n$ (Range 0,3 – 2,4 I_n)

$$I_{\text{set}} = 180 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,1 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder TUS-SG-01}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,1 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{540}{180} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,15$$

Dipilih TD 0.45 (Range 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA Trafo T29} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc min bus TUS-SG-01}$$

$$1,6 \times 131,2 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 3940$$

$$209,92 < I_{\text{set}} < 3152$$

$$\frac{209,92}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3152}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{209,92}{400} I_n < \text{tap} < \frac{3152}{400} I_n$$

$$0,52 I_n < \text{tap} < 7,88 I_n$$

Dipilih tap 7.5 I_n (*Range* 1 – 24 I_n)

$I_{\text{set}} = 3000 \text{ A}$

Time delay

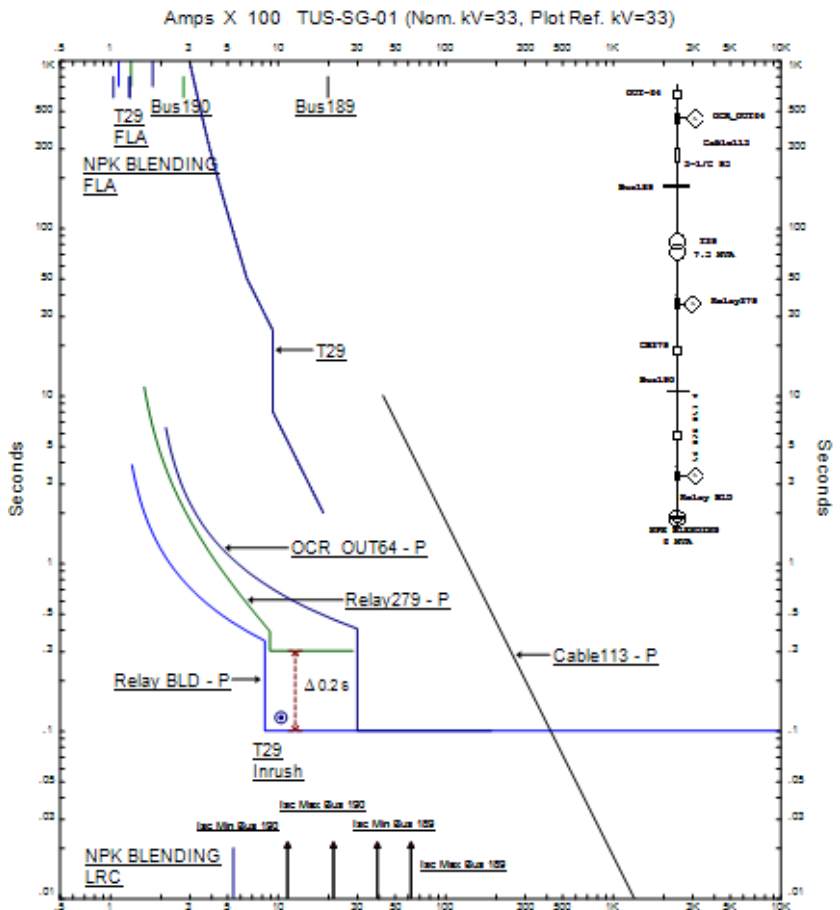
Dipilih *Time delay* 0,1 detik

Dari hasil perhitungan parameter-parameter koordinasi rele arus lebih gangguan pada tipikal 4 diperoleh plot kurva Time Current Curve (TCC) seperti ditunjukkan pada gambar 4.13. Pada plot kurva TCC tipikal 4 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai *time delay* dari rele Relay BLD dan rele Relay 279, diberikan nilai delta t sebesar 0.3 s sebagai *grading time*. *Setting pickup highset* Relay BLD dan rele Relay 279 diturunkan karena melebihi standar 1.05FLA.

.Data koordinasi rele arus lebih tipikal 5 setelah dipasang Trafo dan dilakukan *resetting* ditunjukkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Data *Resetting* rele Pada Tipikal 5

Relay ID	CT ratio	Setting	
Relay BLD	600/5	<i>Pickup Lowset</i>	540A
		<i>Time dial</i>	0,3
		<i>Pickup Highset</i>	4020A
		<i>Time delay</i>	0,1s
Relay279	800/5	<i>Pickup Lowset</i>	664A
		<i>Time dial</i>	0,24
		<i>Pickup Highset</i>	4320A
		<i>Time delay</i>	0,3s
OCR_OUT64	400/5	<i>Pickup Lowset</i>	180A
		<i>Time dial</i>	0.45
		<i>Pickup Highset</i>	3000A
		<i>Time delay</i>	0,1s



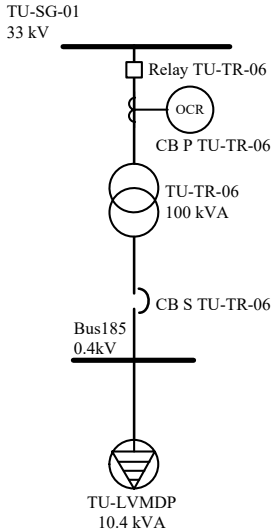
Gambar 4.17 Hasil Plot Setelan Rele Resetting Tipikal 4

4.6.5 Analisa Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 5

4.6.5.1 Analisis Existing Koordinasi Rele Arus Lebih Tipikal 5

Koordinasi rele arus lebih Tipikal 5 merupakan jalur tipikal dari beban Lump TU-LVMDP hingga trafo TU-TR-06. Tipikal 5 terdiri dari 1 rele dan 1 LVCB, yaitu rele Relay TU-TR-06 sebagai pengaman bagian

primer trafo dan *backup* LVCB CB S TU-TR-06 dan LVCB CB S TU-TR-06 sebagai pengaman Bus 185 serta bagian sekunder trafo. Gambar rangkaian Tipikal 5 dapat dilihat pada gambar 4.15.

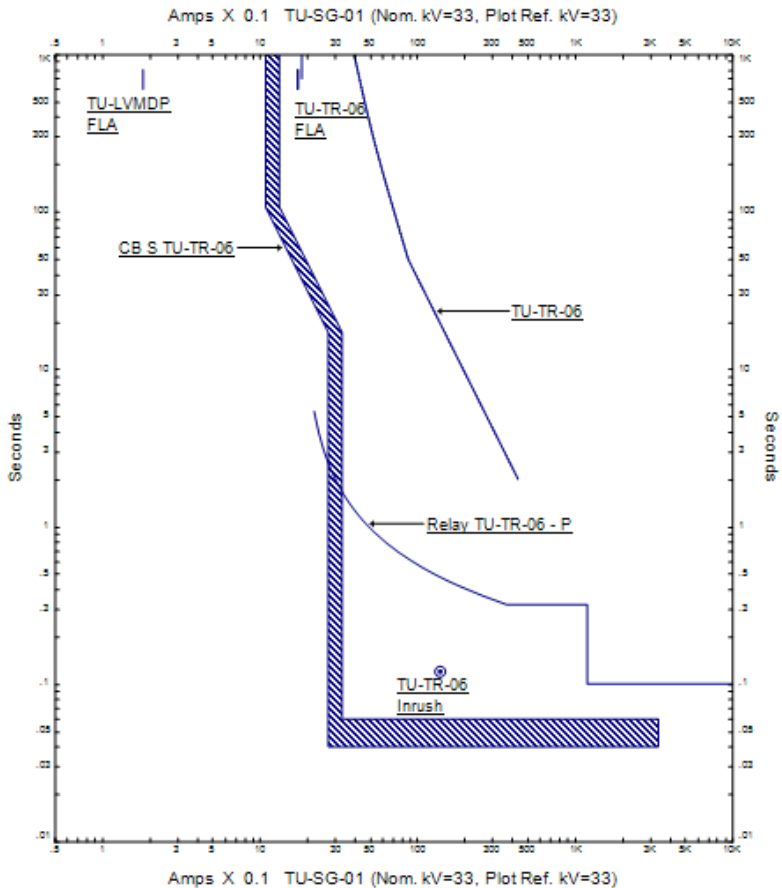


Gambar 4.18 Single Line Diagram Koordinasi Tipikal 5

Data awal koordinasi rele arus lebih Tipikal 5 ditunjukkan pada Tabel 4.15. sedangkan hasil plot kurva time curve (TCC) Tipikal 5 ditunjukkan oleh Gambar 4.19.

Tabel 4.15 Data setting rele existing tipikal 5

<i>CB ID</i>	<i>Sensor ID</i>	<i>Setting</i>	
Relay P TU-TR-06	250	<i>Long-Time</i>	0.4
		<i>Time dial</i>	-
		<i>Short-Time</i>	1
		<i>Time delay</i>	-
<i>Relay ID</i>	<i>CT Ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay TU-TR-06	5/5	<i>Pickup Lowset</i>	2A
		<i>Time dial</i>	1,5
		<i>Pickup Highset</i>	30A
		<i>Time delay</i>	0,1s



Gambar 4.19 Data setting rele *existing* tipikal 5

4.6.5.2 Studi Koordinasi Tipikal 5

Dari hasil plot kurva time current curve (TCC) Tipikal 5 pada kondisi awal dapat terlihat bahwa rele Relay TU-TR-06 overlap dengan LVCB CB S TU-TR-06 sehingga butuh koordinasi ulang.

- **LVCB S TU-TR-06**

Manufaktur	: ABB
Model	: E1B

Sensor ID : 250
 FLA beban lump PLN Load-1 : 144.3A
 Isc min Kontribusi Lump : 1720A
 Isc max Kontribusi Lump : 1980A

Long Time Pickup

1,05 FLA beban Lump < I_{set} < 1,4 FLA beban Lump

$1,05 \times 144.3 < I_{set} < 1,4 \times 144.3$

$151.5 < I_{set} < 202.02$

$\frac{151.5}{\text{Sensor ID}} I_n < \text{tap} < \frac{202.02}{\text{Sensor ID}} I_n$

$\frac{151.5}{250} I_n < \text{tap} < \frac{202.02}{250} I_n$

$0,6 I_n < \text{tap} < 0,8 I_n$

Dipilih tap $0,7 I_n$ (Range 0,3 - $2,4 I_n$)

$I_{set} = 175 \text{ A}$

Short Time Pickup

1,6 FLA beban Lump < I_{set} < 0,8 isc min Lump

$1,6 \times 144.3 < I_{set} < 0,8 \times 1720$

$230.88 < I_{set} < 1376$

$\frac{230.88}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{1376}{\text{primer CT}} I_n$

$\frac{230.88}{250} I_n < \text{tap} < \frac{1376}{250} I_n$

$0,9 I_n < \text{tap} < 5,5 I_n$

Dipilih tap $4 I_n$ (Range 1 - $24 I_n$)

$I_{set} = 1000 \text{ A}$

• **Rele TU-TR-06**

Manufaktur : Merlin Gerin
 Model : Sepam 1000
 Tipe Kurva : Standard Inverse
 Rasio CT : 5/5
 FLA primer trafo TU-TR-06 : 1,75A

Isc min bus TU-SG-01 : 4130A
 Isc max bus TU-SG-01 : 6260A

Time Overcurrent Pickup (Low Set)

$$1,05 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 1,4 \text{ FLA trafo}$$

$$1,05 \times 1,75 < I_{\text{set}} < 1,4 \times 1,75$$

$$1,838 < I_{\text{set}} < 2,45$$

$$\frac{1,838}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{2,45}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{1,838}{5} I_n < \text{tap} < \frac{2,45}{5} I_n$$

$$0,368 I_n < \text{tap} < 0,49$$

Dipilih tap $0,4 I_n$ (Range 0,3 – $2,4 I_n$)

$$I_{\text{set}} = 2 \text{ A}$$

Time dial

Waktu operasi: 0,3 detik

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I}{I_{\text{pickup}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$t = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{I_{\text{sc max feeder lump}}}{I_{\text{set}}} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$0,3 = \left[\frac{0,047}{\left(\frac{6260}{2} \right)^{0,02} - 1} \right] \times \text{TD}$$

$$\text{TD} = 0,3716$$

Dipilih TD 0.3716 (Range 0,1 – 12,5)

Instantaneous Current Pickup (High Set)

$$1,6 \text{ FLA trafo} < I_{\text{set}} < 0,8 \text{ isc max bus TU – SG – 01}$$

$$1,6 \times 1,75 < I_{\text{set}} < 0,8 \times 4130$$

$$2,8 < I_{set} < 3304$$

$$\frac{2,8}{\text{primer CT}} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{\text{primer CT}} I_n$$

$$\frac{2,8}{5} I_n < \text{tap} < \frac{3304}{5} I_n$$

$$0,56 I_n < \text{tap} < 660,8 I_n$$

Dipilih tap $4.5 I_n$ (*Range* 1 – $24 I_n$)

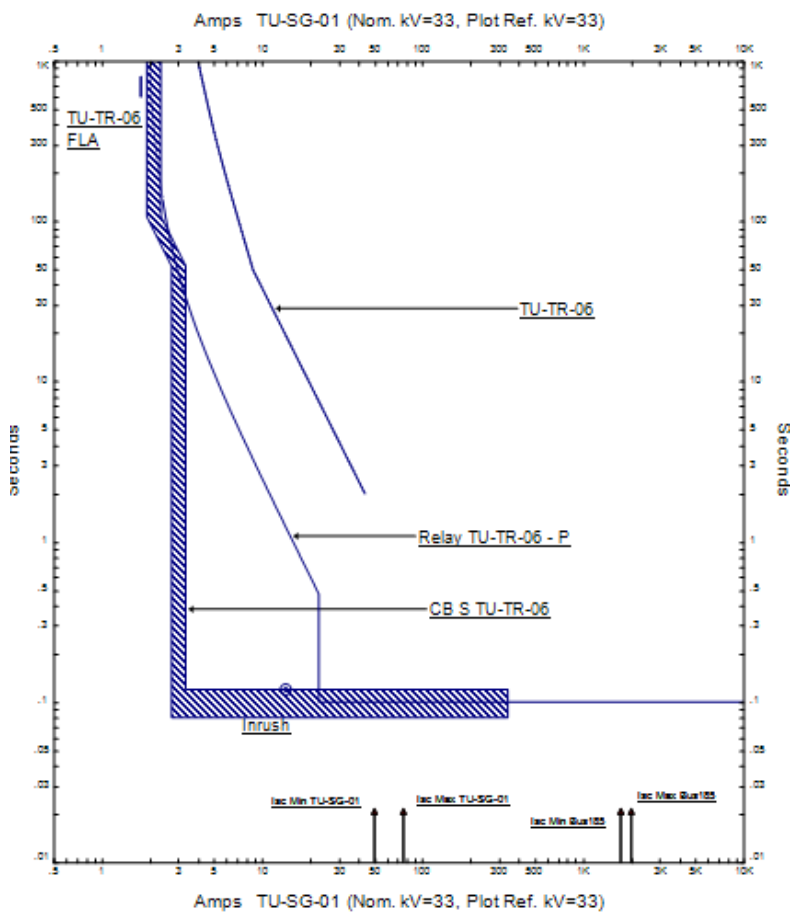
$$I_{set} = 22.5 \text{ A}$$

Time delay

Dipilih *Time delay* 0,1 detik

Dari hasil perhitungan parameter-parameter koordinasi rele arus lebih gangguan pada tipikal 5 diperoleh plot kurva Time Current Curve (TCC) seperti ditunjukkan pada gambar 4.20. Pada plot kurva TCC tipikal 5 terlihat bahwa terjadi perubahan nilai *long-time* dan *short time* ke nilai yang lebih tinggi agar LVCB tidak selalu trip lebih awal. Begitu juga dengan nilai *time dial* rele Relay TU-TR-06 yang terlalu tinggi berubah dari 1,5 menjadi 0.37 dan nilai *pickup highset* yang berubah setelah pemasangan trafo yang menyebabkan arus gangguannya juga berubah.

Data *resetting* koordinasi rele arus lebih Tipikal 5 ditunjukkan pada tabel 4.16.

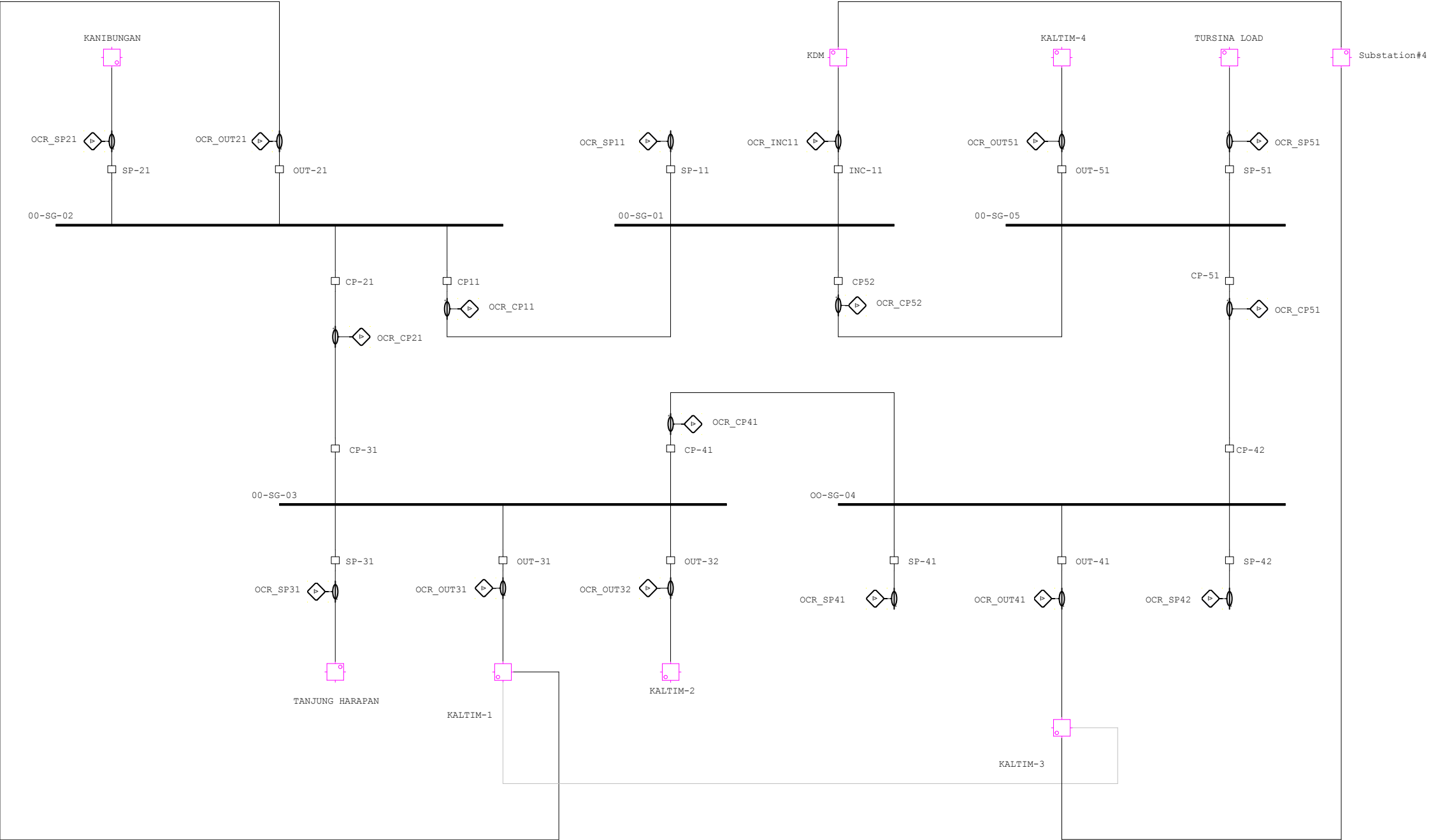


Gambar 4.20 Kurva Koordinasi *Resetting* Rele Arus Lebih Tipikal 5

Tabel 4.16 Data resetting rele Tipikal 5

<i>CB ID</i>	<i>Sensor ID</i>	<i>Setting</i>	
LVCB T2	250	<i>Long-Time</i>	175
		<i>Time dial</i>	-
		<i>Short-Time</i>	1000
		<i>Time delay</i>	-
<i>Relay ID</i>	<i>CT Ratio</i>	<i>Setting</i>	
Relay TU-TR-06	5/5	<i>Pickup Lowset</i>	2A
		<i>Time dial</i>	0,37
		<i>Pickup Highset</i>	22.5A
		<i>Time delay</i>	0,1s

SINGLE LINE DIAGRAM PT. PUPUK KALTIM



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil studi dan analisa koordinasi proteksi rele arus lebih akibat pemasangan impedansi tambahan berupa *Insulated Transformer* di Kawasan Tursina, PT. Pupuk Kaltim maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Saat ada gangguan pada saat gangguan terjadi di Tursina pada bus TUS-SG-01 dan TU-SG-01, terjadi trip simpatetik di *island* lain, terutama pada *island* tanpa impedansi di bagian *outgoing island* seperti Kanibungan, pada rele OCR_INCK5 dan rele *backup* nya karena arus gangguan yang dirasakan terlalu besar, yakni mencapai 8.141 kA. Pemasangan trafo sebesar 25 MVA dengan impedansi 10% terbukti dapat mengurangi besarnya arus hubung singkat yang mengalir ke *island* Kanibungan menjadi sebesar 1.75 kA sehingga sistem proteksi di Kanibungan tidak terganggu, Dengan pemasangan *Insulated Transformer* menunjukkan arus hubung singkat dari Tursina berkurang sehingga perlu dilakukan koordinasi ulang proteksi rele arus lebih.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil akhir yang telah dilakukan studi pada tugas akhir ini, adapun beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk menjadi masukan kedepannya adalah sebagai berikut:

Semakin meningkatnya produksi dan adanya rencana penambahan plant serta pembangkit yang terintegrasi, maka penggunaan impedansi tambahan, dalam hal ini *Insulated Transformer* dapat menjadi salah satu solusi untuk mengamankan peralatan dari arus hubung singkat yang besar. Pemasangan impedansi tambahan menyebabkan arus hubung singkat berkurang sehingga menyebabkan perubahan arus hubung singkat dari Tursina sehingga perlu dilakukan studi koordinasi proteksi rele arus lebih.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sihombing, Mitro. “*Evaluasi Koordinasi Rele Proteksi Pada Penyulang Distribusi 20 kV Terhadap Kemungkinan Gangguan Sympathetic Tripping Sewaktu Gangguan Satu Fasa Ke Tanah*”, Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [2] IEEE Std 551TM – 2006, “*IEEE Recommended Practice for Calculating Short-Circuit Currents in Industrial and Commercial Power Systems*”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 2, 2006.
- [3] Penangsang, Ontoseno.”*Diktat Kuliah Analisis Sistem Tenaga Listrik 2*”, Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya
- [4] Wahyudi, “*Diktat Kuliah Pengaman Sistem Tenaga Listrik*”, Jurusan Teknik Elektro ITS, Surabaya.
- [5] IEEE Std 242TM – 2001, “*IEEE Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems*”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, Ch. 4, Ch. 15, 2001.
- [6] Tleis Nasser, “*Power System Modelling and Fault Analysis*”, Nwenes, UK, Ch. 1, 2004
- [7] Lazar, Irwin. “*Electrical System Analysis and Design for Industrial Plant*”, McGraw-Hill Inc., USA, Ch.1, 1980
- [8] Mladenovic, Slobodan. “*Sympathetic Trip Prevention by Applying Simple Current Relays*”, 2010.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Ekka Sheilla Calmara, lahir pada 19 September 1993 di Surabaya. Penulis adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis mengawali pendidikannya tahun 1999 di SDN Tembok Dukuh I-83 Surabaya (lulus tahun 2005), SMP Negeri 2 Surabaya (lulus tahun 2008), SMA Negeri 1 Surabaya (lulus tahun 2011). Kemudian penulis melanjutkan sekolah di D3 Teknik Elektronika PENS angkatan 2011 dan melanjutkan studi sarjana melalui program lintas jalur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Jurusan Teknik Elektro (FTI-ITS) dan mengambil bidang studi Teknik Sistem Tenaga. Penulis dapat dihubungi di email : sheillacalmara@gmail.com